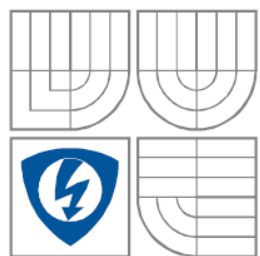




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV MIKROELEKTRONIKY
ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF MICROELECTRONICS
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC TECHNOLOGY

OPTIMALIZACE PROCESU VÝROBY DESEK PLOŠNÝCH SPOJŮ

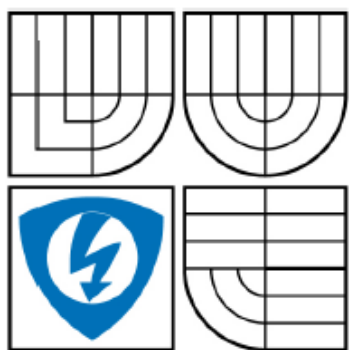
PCB PRODUCTION AND PROCESS OPTIMIZING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE: PETR SCHNEDERLE
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE: Ing. JIŘÍ STARÝ, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2009



**VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií**

Ústav elektrotechnologie

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Mikroelektronika a technologie

Student: Petr Schnederle

Ročník: 3

ID: 73080

Akademický rok: 2008/2009

NÁZEV TÉMATU:

Optimalizace procesu výroby DPS

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Proveďte hodnocení současného stavu technické a ekonomické úrovně 1V a 2V DPS Navrhnete opatření (dovybavení tg. zařízeními, změna technologického toku, aj) pro optimalizaci výrobního procesu i zvýšení výtěžnosti. Spolupráce s firmou CEMEBO Blansko

DOPORUCENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce.

Termín zadání:

Termín odevzdání:

Vedoucí práce: Ing. Jiní Starý, Ph.D.

prof. Ing. Radimír Vrba, CSc.
předseda oborové rady

UPOZORNENÍ:

Autor semestrální práce nesmí při vytváření semestrální práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následku porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

Abstrakt:

Bakalářská práce popisuje problematiku výroby desek plošných spojů. Je zaměřena především na problematiku výroby 1V a 2V DPS subtraktivní metodou pattern plating a s ní souvisejícími činnostmi. Obsahuje analýzu dvouvrstvé DPS pomocí mikrovýbrusu a ukázky možných vad vzniklých při výrobě.

Práce je zaměřena na optimalizaci procesu výroby ve fy Čemebo Blansko s.r.o. Ukazuje rozmístění strojů a technologický tok ve firmě, načež uvádí doporučení pro racionalizaci tohoto toku. Dále obsahuje doporučení pro dovybavení dalšími vhodnými zařízeními a doporučení pro optimalizaci stávajících zařízení, postupů a přístupů.

Klíčová slova:

Deska plošného spoje, pattern plating, mikrovýbrus, prokov, FR-4, technologický tok, řízení jakosti,

Abstract:

Bachelor's thesis describes the problems of production of printed circuit boards. It focuses on issues of production 1V and 2V DPS subtractive method pattern plating and related activities. Includes analysis of double-layer PCB using microsection and examples of possible defects in the production.

The work is aimed at optimizing the production process in fa Čemebo Blansko Ltd. Shows the deployment of machines and technology flows in the company, then provides recommendations to streamline the flow. It also includes recommendations for retrofitting other appropriate facilities and recommendations for optimization of existing facilities.

Key words:

Printed circuit board, pattern plating, microsection, via, FR-4, technology flow, quality control

Bibliografická citace díla:

SCHNEDERLE, P. *Optimalizace procesu výroby DPS*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 56 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Starý, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto vysokoškolskou kvalifikační práci na téma Optimalizace procesu výroby desek plošných spojů vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením tohoto projektu jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 26. května 2009

..... podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Jiřímu Starému, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce. Také děkuji Ing. Miroslavovi Zatloukalovi, Ing. Zdence Rozsívalové a všem z UETE a UMEL, kteří se podíleli na mém vzdělání. V neposlední řadě za fa Čemebo Ing. Miloslavu Zvejškovi.

V Brně dne 26. května 2009

..... podpis autora

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Výroba desek plošných spojů.....	9
2.1 Technologie pattern plating	9
2.2 Technologie panel plating	18
3. Analýza a zhodnocení jakosti DPS	19
3.1 Příprava vzorku	19
3.2 Analýza DPS	20
3.2.3 Analýza DPS pomocí mikrovýbrusu	21
3.3 Analýza a vyhodnocení statistických údajů	24
3.4 Navrhovaná opatření na základě vyhodnocení mikrovýbrusu a statistických údajů.....	24
4. Návrh doporučení pro optimalizaci výrobního procesu	25
4.1 Technologický tok ve fa Čemebo	25
4.2 Dovybavení výrobním zařízením	32
4.3 Traceabilita	48
4.4 Perspektivní a dodatečné náměty a návrhy pro optimalizaci procesu	51
4 Závěr.....	55
5. Použitá literatura	56
6. Seznam zkratek	57

Seznam obrázků

Obrázek 1 Základní materiál	9
Obrázek 2 Základní materiál s vyvrtaným otvorem.....	11
Obrázek 3 Nalaminovaný a naexponovaný pozitivní fotorezist na desce.....	13
Obrázek 4 Deska před odstraněním fotorezistu	14
Obrázek 5 Podleptání mědi leptacím roztokem [1].....	15
Obrázek 6 Vyleptaná DPS při testování.....	16
Obrázek 7 Blokové schéma - postup výroby DPS metodou Pattern plating.....	18
Obrázek 8 a) DPS po vyvolání fotorezistu, b) DPS po leptání a stripování fotorezistu	18
Obrázek 9 Analyzovaná deska s vyznačenými částmi použitými pro mikrovýbrus.....	19
Obrázek 10 Prokov1 - špatné pokovení	20
Obrázek 11 Prokov2 - důlek v měděné vrstvě	20
Obrázek 12 Důlek a trhlina v pokovení	21
Obrázek 13 Špatné pokovení otvoru	21
Obrázek 14 Tloušťka vodivé cesty a min. zachycená tloušťka nepájivé masky.....	21
Obrázek 15 Plošný vodič, jeho podleptání, tloušťka nepájivé masky v různých místech	22
Obrázek 16 Začátek horizontálního mikrovýbrusu - špatná registrace.....	22
Obrázek 17 Horizontální mikrovýbrus prokovu – výrustky Cu.....	22
Obrázek 18 Probroušeno na spodní stranu - nesouhlasení nepájivé masky, vrtání	23
Obrázek 19 Náčrtek rozmístění strojů a tg. tok ve fy Čemebo	26
Obrázek 20 Fiktivní rozmístění zařízení a tg. tok (přibližné měřítko 1:400).....	27
Obrázek 21 Možné rozmístění zařízení ve výrobních prostorách fa Čemebo	28
Obrázek 22 Tg. tok verze 1	29
Obrázek 23 Tg. tok verze 2	30
Obrázek 24 Tg. tok verze 3	31
Obrázek 25 Vrtací zařízení Scmoll serie MX s jedním a šesti vřeteny	33

Obrázek 26 Elektrické testery ATG A5 a A6	36
Obrázek 27 Elektrické testery MANIA „loc8“ a „FJ980“	37
Obrázek 28 Elektrické testery Microcraft ELX 6146 (EMX 6151) a Spyder ESM 6151	38
Obrázek 29 a) RTG zařízení Phoenix ML Analyser, b) zobrazení prokovu, průměr 0,75mm .	40
Obrázek 30 ISIS Eyepieces	41
Obrázek 31 CO2 laseru Nutek typ LMC 2100HE pro značení DPS.....	46
Obrázek 32 Značení desek pomocí vrtaných otvorů (význam kódu, příklad realizace číslic).	49
Obrázek 33 Možné umístění značky na přířezu, [7] příklady použitého kódu	50
Obrázek 34 Možná realizace části linky pro výrobu DPS.....	51

Seznam tabulek

Tabulka 1 Srovnání povrchových úprav (PÚ) [1]	17
Tabulka 2 Srovnání naměřených hodnot s gerber daty	24
Tabulka 3 Srovnání jednotlivých návrhů změny tg. toku	32
Tabulka 4 Porovnání základních vlastností různých podavačů.....	34
Tabulka 5 Srovnání testerů „economic“	38
Tabulka 6 Srovnání „high end“ testerů	38
Tabulka 7 Srovnání „high end“ testerů z pohledu přesnosti	39
Tabulka 8 Srovnání základních modelů x-ray testerů	41
Tabulka 9 Porovnání MicroJet a InkJet zařízení	45
Tabulka 10 Shrnutí navrhovaných opatření	47

1. Úvod

V dnešní moderní době, kdy je skoro vše ovládáno, řízeno nebo kontrolováno pomocí elektrické energie si skoro ani nelze uvědomit, kde všude můžeme desky plošných spojů (dále jen DPS) nalézt. Je to základní stavební kámen snad všech elektrických, elektronických a elektrotechnických zařízení. Nejen z tohoto důvodu se výrobou DPS zabývá nespočet firem. Výroba je stále vylepšována a zkvalitňována. Důvody proč zrovna DPS jsou jasné. Je to především relativně snadná a levná výroba a dále pak nespočet možných kombinací a zároveň možnost stálého vylepšování a stále větší miniaturizace. Popis všech typů a způsobů výroby je nad rámec této práce a proto zde popíši jen ty nejznámější metody a postupy a to především subtraktivní metodu pattern plating aplikovanou na neohebných deskách z organických materiálů pro jednovrstvé nebo dvouvrtvé DPS. Na racionalizaci postupu výroby touto metodou je zaměřena celá tato práce. Zabývá se především návrhy a doporučeními pro zkvalitnění po technologickém hledisku a lehce se dotýká oblasti řízení jakosti z manažerského hlediska.

Názvosloví odpovídá normě ČSN IEC 60194 – Návrh, výroba a osazování desek s plošnými spoji – Termíny a definice.

2. Výroba desek plošných spojů

Rozdělení technologií:

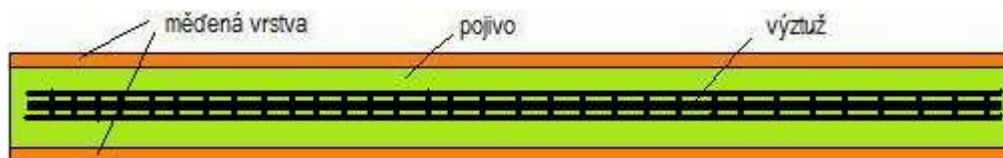
1. Subtraktivní - Pattern plating (bod 2.1)
 - Pattern plating + diferenční leptání
 - Panel plating (bod 2.2)
2. Semiaditivní
3. Aditivní

Vlastní technologický postup následuje po volbě základního materiálu.

2.1 Technologie pattern plating

2.1.1 Základní materiál

Základní materiály (substráty) jsou elektroizolační nosné podložky, tvořené buď dielektrickým materiálem, nebo izolovaným kovovým jádrem. Základní materiál se používá jako tuhý, pružný nebo kombinovaný tuhý/pružný “nosič” vodivého motivu a slouží k montáži elektronických součástek, mechanických a elektromechanických prvků. Svými vlastnostmi předurčuje výsledné chování osazené desky s plošnými spoji. Základní materiály jsou na bázi organické, anorganické, příp. kombinované bázi (anorganicko/organický substrát, organický substrát s kovovým výztužným jádrem). [1]



Obrázek 1 Základní materiál

Základní materiály plátované mědí pro neohebné desky [1][4].

Celulózový papír a fenolformaldehydová pryskyřice

Výztuž je zde z celulózového papíru a pojiva je použito fenolové pryskyřice. Vyrábí se v několika provedeních pro běžné teploty 70°C - 105°C. Ovšem při častém působení teplot blížících se horním mezním teplotám může dojít k degradaci některých vlastností. Například působením tepla od horkých rezistorů může dojít ke karbonizaci a tím pak může klesnout izolační odpor na velmi nízkou hodnotu. Obsah pryskyřice je 35% - 58% a platí, že čím větší obsah pryskyřice tím tvrdší materiál. Ovšem materiál je pak také křehčí a může docházet k lámavosti.

Použití je většinou ve spotřební elektronice, která neklade vysoké nároky na kvalitu. Bývá značen jako FR-2.

Tvrzený papír a epoxidová pryskyřice

Je to další stupeň vývoje materiálů. Značen jako FR-3 (nahrazuje FR-2). Má lepší vlastnosti elektrické, izolační, mechanické a má menší navlhavost než FR-2. Cena FR-3 materiálu je asi 65% ceny FR-4 materiálu a dvakrát dražší než FR-2.

Skelná tkanina a epoxidová pryskyřice

Někdy nazývaný jako skloepoxidový laminát. Použitím skelné rohože nebo skelné tkaniny jako výztuže místo papíru se docílilo lepších mechanických vlastností. Je to ohybová pevnost, odolnost vůči mechanickým úderům, rozměrová stabilita ve všech třech směrech, rovinnost a odolnost vůči tepelnému rázu při pájení. Elektrické vlastnosti jsou také na vyšší úrovni. Nevýhodou je ovšem vyšší cena a horší mechanická opracovatelnost. Materiály s disfunkčními epoxidy jsou vhodné pro teploty do 130 °C, materiály s multifunkčními epoxidy až do 170°C. Materiál je vhodné použít na náročnější aplikace jako například měřicí a regulační technika ovšem v dnešní době je stále více používán jako základní materiál pro většinu aplikací.

Modifikace a označení:

V dnešní době se nejvíce používá označení FR-4.

CEM-1 – jádro výztuže tvoří papír na kterém je krycí vrstva ze skelné tkaniny. Vlastnosti mezi FR-3 a FR-4 při ceně 85% z ceny FR-4.

Skelná rohož a polyesterová pryskyřice

Několik provedení lišících se výztuží. Bývá použita skelná matrice typu rohož nebo tkanina. Vlastnosti jsou pak mírně rozdílné. Obecně však materiály, které jsou ceněny jako výborný elektrický izolant pro třídy F, H, C. Typy jsou následující:

FR-6 skelná rohož + polyesterová pryskyřice v samozhášivém provedení

Kompozity (složené materiály) označované jako GPO kompozity kde je použito jako výztuže sklo dvojího stavu. Skelné rohože jako jádro, skelné tkaniny jako krycí vrstvy a polyesterové pryskyřice jako pojiva či impregnanu.

Typ	Tloušťka[mm]	Tloušťka Cu [μm]	Počet vrstev	Výrobce	Označení
FR 4	0,8 - 2,5	18, 35, 70	1 a 2	ISOLA	Lamplex FR-4
FR 4	1,55	35, 18	2	ISOLA	E 104
FR4 High Tg	1,5	35	2	ISOLA	E 117

Tabulka 1: Údaje o nejčastěji používaných materiálech

Za standardní, pro jednovrstvé a dvouvrstvé DPS, je považován materiál FR4 tloušťky 1,5 mm s plátovanou mědí tloušťky 18μm.

Další typy základních neohebných materiálů

V dnešní době je materiálů a technik pro výrobu DPS nepřeberné množství. Většina z nich je však založena na podobných principech jako výše popsáno. Čili výztuž ze skleněného

materiálu jako skelná tkanina, rohož či vlákno popř. aramidové nebo křemenné vlákno. A jako pojivo jsou použity různé modifikace pryskyřic nebo plastických hmot rozdělených většinou na reaktoplasty a termoplasty. Například materiály G200, P97, Rogers.

Další skupinou jsou ohebné (flexibilní) základní materiály. Jejich popis je nad rámec této práce. Více o ohebných flexibilních materiálech například v literatuře [1].

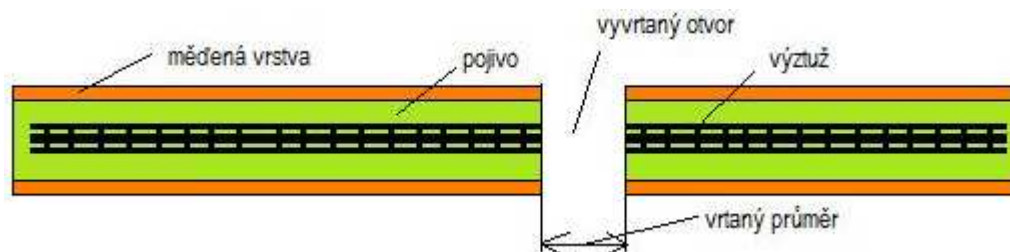
2.1.2 Dělení základního materiálu

Pokud již máme vhodně zvolen základní materiál pro výrobu desky, nastává otázka rozměrů finálního tvaru DPS. Tato otázka se řeší již při samotném návrhu desky tak, aby řešení bylo optimální. Což v dnešní době především znamená vyrobit desku za přijatelnou cenu a v požadované kvalitě.

V praxi se obvykle vyrábí desky o rozměrech několik mm^2 až po rozměry $300\text{mm} \times 300\text{mm}$ i více. Avšak tyto rozměry jsou relativně malé a vyrábět jednu takovou desku samostatně je přinejmenším nákladné. Proto se vyrábí více desek současně. Jednotlivé obvody se naskládají na jeden substrát a po průběhu celé metody se rozdělí na výsledné obvody (DPS). Jelikož se základní materiál vyrábí v rozměrech okolo $1\text{ m}^2 - 2\text{ m}^2$ (je to nejvýhodnější) je potřeba ho dělit už na začátku procesu. Typický rozměr je $500\text{mm} \times 600\text{mm}$. Děje se tak pomocí elektrický nebo optický nůžek tzv. stříhání přířezu nebo pomocí laseru či dokonce řezáním k tomu uzpůsobenou pilou nebo vodním paprskem. Výsledný přířez pak může být pakétován s dalšími deskami do vícevrstvé struktury nebo putuje na operaci vrtání.

2.1.3 Vrtání

I když je povrchová montáž (SMT) již na relativně vysoké úrovni je stále operace vrtání jednou ze základních operací používaných takřka u každé DPS. Je používána pro připevnění mechanických dílů, chladičů nebo součástek (elektrických i neelektrických), kteréž to je buď nejjednodušší a nejúčinnější přišroubovat k desce nebo u kterých je jiný způsob uchycení vyloučen. Nejčastěji jsou vrtány průchody pro elektronické součástky nebo je průchodů využito jako elektrického propojení vícevrstvé desky tzv. propojů nebo prokovů.



Obrázek 2 Základní materiál s vyvrtaným otvorem

Celá operace probíhá asi takto: Přířez požadovaných rozměrů je vložen do pracovního prostoru vrtačky na podložku, která je většinou z tvrzeného papíru (papír a pryskyřice). Upne se, aby bylo zabráněno samovolnému pohybu desky. Vrtačka je (ve velkovýrobě) programovatelný automat, který pracuje podle pokynů zadaných obsluhou a to většinou pomocí tzv. gerber dat. Vrtají se různé průměry, avšak s ohledem na pozdější operace - hlavně pokovení otvorů. Z tohoto důvodu se otvory vrtají ve větších průměrech, než je požadovaný. Minimální otvor, který lze vytvořit technikou vrtání je $0,1\text{mm} - 0,15\text{mm}$. Maximální velikost

otvoru je relativně neomezena. Platí zde zásada, že čím větší vrták tím menší rychlost otáček a také čím větší vrták tím větší rychlost opotřebení. Klasické hodnoty rychlosti otáček jsou 30 000 ot/min – 300 000 ot/min a různých otvorů je možno vyvrtat 2000 otvorů/h - 5000 otvorů/hod. Vrták dokáže vyvrtat kolem 2000 otvorů než je opotřeбенý do té míry, že se nedá již dále použít. U některých typů vrtáků lze provést broušení a tak cyklus vrtání-broušení lze opakovat celkem maximálně 3 krát.

Další způsoby vytvoření otvorů

Vrtání je dnes u nás nejpoužívanější metodou, avšak existují i jiné způsoby vytvoření otvorů. Je to především pomocí laserového parsku, který selektivně odpařuje materiál na určeném místě. Tato technologie bude mít určitě v budoucnu úspěch, jelikož je pomocí ní možno dosáhnout menších průměrů a to začíná být žádoucí díky stálému technologickému pokroku a miniaturizaci. Těmto proklovům menším než 150 μm se říká mikropropoje (microvia).

Další způsoby vytvoření microvia: plazmou, fotocely-fotostrukturalizace.

2.1.4 Čištění, kartáčování

Při vrtání otvorů většinou vzniknou nepříjemné ořepy, což jsou zbytky materiálu, které ulpí jak vně otvoru tak i mimo. Uvnitř otvoru i na vnější straně desky způsobí nerovnost povrchu. Další znečištění nastává při manipulaci s deskou obsluhou. Dochází k takřka neviditelným nečistotám, které by však v dalším průběhu mohly mít neblahý vliv na kvalitu desky. Z tohoto důvodu je zapotřebí desky očistit. [1] Nejčastěji je to provedeno pod proudem vody pomocí oscilujících kartáčů z nylonu a jako brusivo použito Al_2O_3 , SiC. Dále nastává vysokotlaký oplach deionizovanou vodou a sušení.

2.1.5 Zvodivění otvorů

Jedná se o přípravu desky na další proces. Zvodivění je dnes takřka bez výjimek automatický proces pro který existuje mnoho zařízení. Probíhá v automatické lince rozdělené na několik částí a nejčastěji je nazýván jako Shadow proces. V první části se deska čistí. Nejdříve je nanášena pěna, poté následuje oplach. V další části je nanášen koloidní materiál. Většinou je to kapalina obsahující vysoké procento grafitu. Ta se stříká na desku a poté za pomoci tzv. fixeru ulpívá v otvorech. Následuje oplach a sušení. Tento proces zajistí zvodnění otvorů vytvořených vrtáním a zajišťuje při operaci galvanické pokovení nanášení vrstvy mědi, cínu i jiného kovu na povrch otvorů nebo jiných míst, které nejsou plátovány základní mědí.

Další způsoby zvodivění otvorů: Chemická měď

System vodivých polymerů

2.1.6 Fotorezist

Je to fotocitlivý materiál, který působením UV záření definované délky změni své vlastnosti. Má za úkol chránit vybrané části přířezu (ty, které mají být odstraněny) při galvanickém nanášení leptuodolné vrstvy – cínu tak, aby nebyly pokoveny.

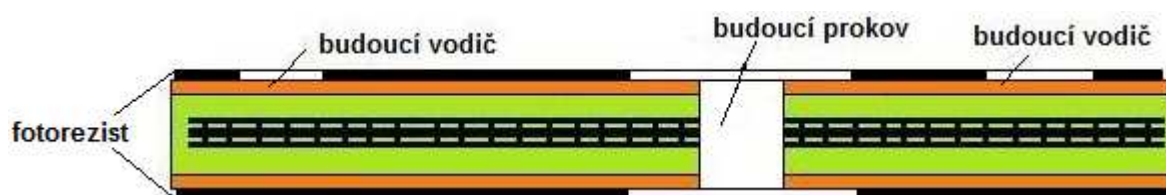
Fotorezistu existují dva druhy [1]:

- negativní** - používá se více, je levnější, ale má horší rozlišovací schopnost (360 – 420) nm
 - působením záření naexponované části zpolymerují a kryjí
- pozitivní** - Rozlišovací schopnost je 380nm - 405nm
 - zářením se naruší struktura a ve vývojce se odplaví

Lze jej rozdělit také podle toho, v jakém se nachází stavu před nanesením na kapalný a tuhý.

Laminace fotorezistu

[1] Fotorezist se nanáší na substrát technikou laminace. Tuhý rezist je v laminátoru nalaminován na přířez spolu s ochrannou fólií. Laminátor resp. laminační lis může být s rovnými styčnými plochami nebo soustava proti sobě se otáčejících válců. Na desku pak působí stanovený tlak po určitou dobu. Laminačních způsobů je více. Může se laminovat při zvýšené teplotě nebo ve vakuu. To má za následek zvýšení kvality celého laminovacího procesu.



Obrázek 3 Nalaminovaný a naexponovaný pozitivní fotorezist na desce
(bílá část nezpolymerovaného negativního fotorezistu bude vyvoláním odstraněna)

Expozice a vyvolání fotorezistu

Expozice je přenesení obrazu vodivé vrstvy (včetně pájecích oček, plošek pro součástky atp.) na fotorezist, který je s ní v kontaktu. Filmová matrice, je osvětlena elektromagnetickým zářením o určité vlnové délce. Světlo matricí na některých místech projde a působí na fotorezist, který je umístěn pod ní. Ten se pak vytvrdí nebo naruší dle použitého druhu rezistu. U pozitivního rezistu jsou místa, která mají být odleptána kryta matricí s černou barvou a místa, která odleptána být nemají (motiv), jsou na matrici průsvitná (průhledná). Pozitivní fotorezist se na osvětlených místech vyvolá – odstraní. Při galvanickém pokovení jsou tak bílá místa z obrázku 3 pokovena a tato pokovená vrstva pak slouží jako leptuodolná. Negativní fotorezistu reaguje na světlo obráceně, čili neosvětlené části se vyvolají.

Více patrně z obrázku 3 a 4.

Vyvolání se provádí ostřikem desky vývojkou. To může být například 1% roztok uhlíčitanu sodného ve vodě při teplotách 30°C - 35°C [1]. Na desku je většinou aplikován několikrát v menších dávkách.

2.1.7 Galvanické pokovení

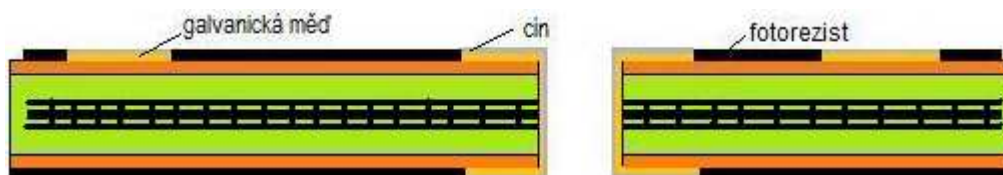
Je to vlastně opatření desky krycí vrstvou, která je leptuodolná a tak chrání místa, která odstranit nechceme. Druhů a způsobů jak to provést je několik [1]. Jako leptuodolná vrstva může být použito pokovení motivu a to většinou mědí a poté cínem – pattern plating. Metoda nazývaná panel plating spočívá v pokovení celé desky a rezistu je použito jako leptuodolné vrstvy. To pak snižuje počet kroků výroby DPS a tím i snížení nákladů. V ČR se používá především metody pattern plating. Méně pak metody panel plating a to hlavně na 1V DPS.

Galvanická měď a galvanický cín

I tento proces je dnes takřka automatizovanou záležitostí s přesným nastavením parametrů. Deska je v tomto kroku upnuta do držáků, pomocí kterých je vsunuta do mědicí lázně asi na dobu jedné hodiny, aby na místech, která mají být zesílena, se vytvořila přídatná vrstva mědi o tloušťce 20μm - 40μm. Poté deska pokračuje na cínování, které probíhá asi 10min. Deska je poté kontrolována pracovníkem, který měří hlavně vrstvu pokovení. Pokud se na desce vytvořila vrstva tenčí, než požadovaná, může se proces pokovení opakovat nebo je vytvořená vrstva stripovaná (odstraněna) a celý postup se opakuje.

Odstranění fotorezistu

Nazývané také jako stripování se provádí například v 5% roztoku KOH (hydroxid draselný).

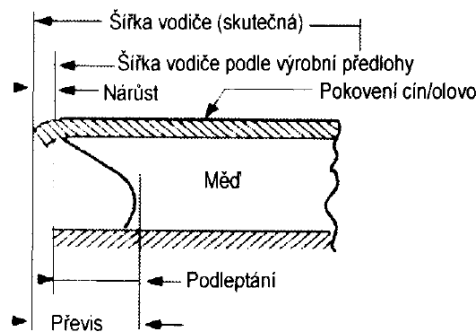


Obrázek 4 Deska před odstraněním fotorezistu

2.1.8 Leptání

Je chemické selektivní odstraňování měděné vrstvy z přířezu, která není kryta leptací vrstvou - cínem.

Dokonalé vyleptání DPS závisí předně na správném chemickém složení leptací lázně a následném oplachu zbytkového leptadla. Leptací linky bývají vybavena automatickým měřením teploty, hustoty lázně a jejího pH. Odčerpání nasyceného leptadla a dávkování nového probíhá automaticky v závislosti na naměřených hodnotách. Dopravník umožňuje nastavit libovolnou rychlost posuvu a je svou technologií přizpůsoben i pro velmi tenké materiály. Za leptacím modulem je umístěn oplach čistým leptadlem a dokonalé omytí desek zajišťuje třístupňová vodní kaskáda. Nejčastěji se používá k odleptání amoniakální síranová lázeň a čpavek. Nutností je regenerace leptacího roztoku a zpětné získávání mědi a to z důvodů ekonomických i ekologických. Mezi největší zápory leptání patří podleptání krycí vrstvy. Více patrně z obrázku 5.



Obrázek 5 Podleptání mědi leptacím roztokem [1]

2.1.9 Testování a kontrola

Patří neodmyslitelně k výrobě. Zařazuje se do celého procesu i vícekrát, aby byla zajištěna potřebná kvalita a zmetková výroba byla co nejvíce omezena. Kontrola může být prováděna vizuálně k tomu určeným pracovníkem nebo automatizovaně a to těmito metodami:

Elektrické testování

Výrobců a typů je dnes samozřejmě mnoho. Ale základní typy jsou vlastně jen dva.

Létací sondy (jehly) – zařízení je vybaveno dvěma až čtyřmi rameny. Na konci ramene je kontaktní jehla nebo sonda, která je přikládána na testovací místa. Ty mohou být speciálně vytvořeny nebo to mohou být kontaktní plošky pro součástky. Tato metoda je u výrobců hojně využívána. Některé parametry pro elektrický tester fy ATG typ A3:

- rychlost testu až 1700 testovaných bodů/min
- říditelná rychlost a tlak sond - minimální otisk sondy na plošce
- nejmenší testované plošky 100μm

Pole jehel – podložka, která je osazena kontaktními jehlami. Deska je při kontrole položena na takovéto pole a pomocí softwaru a PC je proměřována. Starší metoda stále však používána.

Optické testování

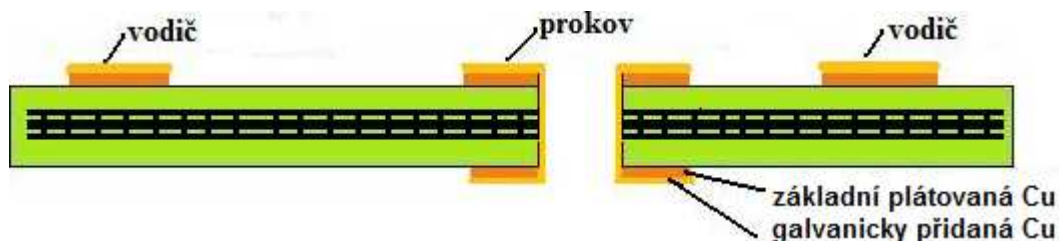
[5] Optický tester se v současné době používá především na kontrolu vnitřních motivů vícevrstvých plošných spojů a pro ostatní DPS s jemnou strukturou motivu. Pro finální kontrolu hotových DPS je vhodnější použít elektrické testování. Jedině tím je zaručena 100% kvalita. Optický tester porovnává snímaný obraz z desky s předem zpracovaných gerber dat (výstupy z programů CAM, PADS, Eagle atp.). Systém zobrazí jakoukoliv odchylku od originálních dat a tu následně zobrazí na monitoru. Díky vysokému rozlišení kamery a optických členů je tester schopen vyhodnocovat chyby i na objektech o velikosti 45μm. Nastavení výstupních hodnot je velice flexibilní - systém dokáže eliminovat falešná hlášení chyb a umožňuje nastavení tolerancí odchylek podle kvalitativních norem. Některé umožňují testování filmových matic před sériovou výrobou.

Rentgen (x-ray)

[1] Princip spočívá ve využití transmisní metody kontroly, kdy fokusované rentgenové záření prochází přes kontrolovaný objekt a vyhodnocuje se intenzita proniknutého záření. Používá se jak metoda 2D, tak i 3D laminární s prostorovým vyobrazením jednotlivých vrstev. Rentgenové systémy se rozdělují do dvou hlavních skupin a to:

Transmisní rentgenové systémy: Transmisní systémy jsou omezeny při měření rozměrů pájených spojů a při objevení okrajových nedostatků procesu. Jsou méně efektivní na oboustranných DPS. Nicméně, tyto systémy stojí zlomek ceny velmi drahých průřezových rentgenových systémů.

Průřezové rentgenové: Tyto systémy vytváří snímky z určitého úhlu a vytváří ohniskovou rovinu na žádoucí rovině spoje. V ohnisku zůstává pouze vybraná ohnisková rovina. Systémy pro kontrolu rentgenem zobrazí obrazy v odstínech šedi, které představují změny v tvaru a tloušťce objektu. Vysoká hustota vytváří tmavší obrazy než ty s menší hustotou. Moderní přístroje ve spolupráci s PC jsou schopny detailního 3D zobrazení zkoumané struktury s umělým zabarvením.



Obrázek 6 Vyleptaná DPS při testování

2.1.10 Nepájivá maska a potisk

Nepájivá maska je jedna z finálních úprav. Je to izolační povrchová vrstva. Barevná škála je dnes takřka neomezena. Mezi nejběžněji používané patří zelená, černá, bílá, modrá, červená. Maska může být dále potištěna jakýmkoliv motivem. Nejčastěji je to obvod pouzdra součástek, název nebo hodnota součástky a především název nebo číslo desky a název výrobce. To především z důvodu pozdější dohledatelnosti.

Maska bývá většinou z podobných materiálů jako rezist, který byl použit pro zhotovení vodivého obrazce. A i podobnou technologií je nanesena, exponována a vyvolána. Další typ nepájivé masky můžou představovat elektroizolační laky zhotoveny technikou clonového nanášení.

Potisk bývá v dnešní době standardně realizován sítotiskem. Modernější metodou je pak tzv. InkJet, kdy je „inkoust“ požadovaných vlastností nanášen vysokotlakými tryskami na DPS.

2.1.11 Povrchové úpravy

HAL

Neboli Hot Air Leveling je žárové nanášení pájky. Někdy označované jako H.A.S.L [5]. Je to základní povrchová úprava desek plošných spojů. Předupravená deska je ponořena do roztavené PbSn pájky (od 1.7.2006 bezolovnatá technologie) a při vynoření je přebytečný cín odstraněn horkovzdušným nožem. V současné době je tato technologie nahrazována jinými, kvalitnějšími metodami úpravy povrchu [5].

Výhody : - snadná pájitelnost

- vysoká průchodnost pracoviště

Nevýhody: - energetická náročnost provozu

- nedokonalá rovinnost povrchu

- možnost vzniku mikrozkratů u desek bez ochranné nepájivé masky

- tepelné namáhání DPS

OSP - Organic Surface Protective

[1]Chemická metoda nanášení organických inhibitorů. Oxidace mědi na odhalený měděný povrch DPS, zpravidla po tisku nepájivé masky. Používají se často látky na bázi benzoimidazolů. Mezi výhody patří výborná rovinnost a až o 50% levnější než HAL. Také elektroizolační vlastnosti jsou dlouhodobě dobré. Nevýhodou je kratší doba garantované skladovatelnosti i rozdílné vlastnosti OSP povlaků od různých výrobců. Výrobci např. ENTHONE, MECSEAL.

Další možnosti povrchové úpravy

Chemické cínování

Chemické zlcení

Pasivovaná měď

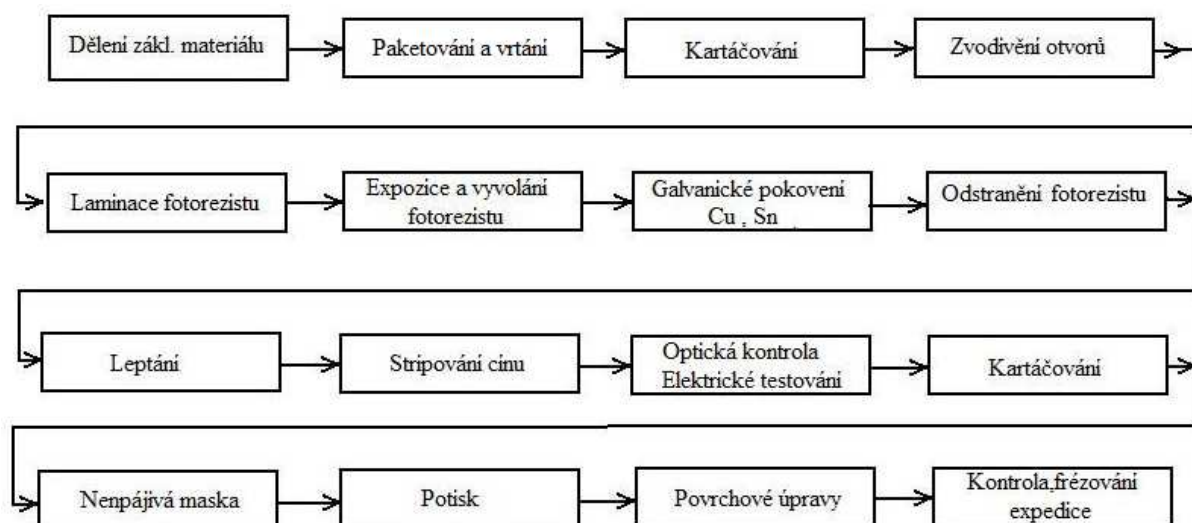
Černění vnitřních vrstev

Galvanické zlcení konektorů

	HAL	NiAu	OSP	Chem. Ag	Chem. Sn
Vícenásob. teplotní cyklus	Ano	Ano	Probl.	Ano	ano
Rovinnost povrchu	Ne	Ano	Ano	Ano	Ano
Tloušťka vrstvy [μm]	1-20	5	0,5	0,16	0,1
Fine Pitch aplikace	Probl.	Ano	Ano	Ano	Ano
Kontaktování	Ne	Ano	Ne	Ano	Ne
Teplotní stres nad 65°C	Ano	Ne	Ne	Ne	Ne
Údržba lázně	Obtížná	Střední	Snadná	Snadná	Snadná
Řízení procesu	Střední	Obtížné	Snadné	Snadné	Snadné
Náklady	Střední	Vysoké	Nízké	Střední	Nízké
Ekologické aspekty	Špatné(Pb)	Dobré	Dobré	Dobré	Dobré
Pb free pájka SnAgCu	Vyhovuje	Vyhovuje	Vyhovuje	Vyhovuje	Vyhovuje

Tabulka 1Srovnání povrchových úprav (PÚ) [1]

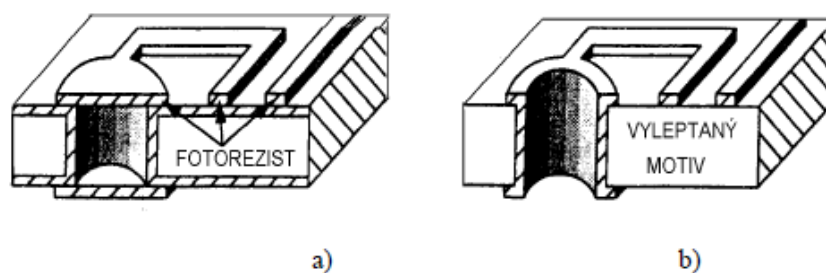
2.1.12 Postup výroby - blokově



Obrázek 7 Blokové schéma - postup výroby DPS metodou Pattern plating

2.2 Technologie panel plating

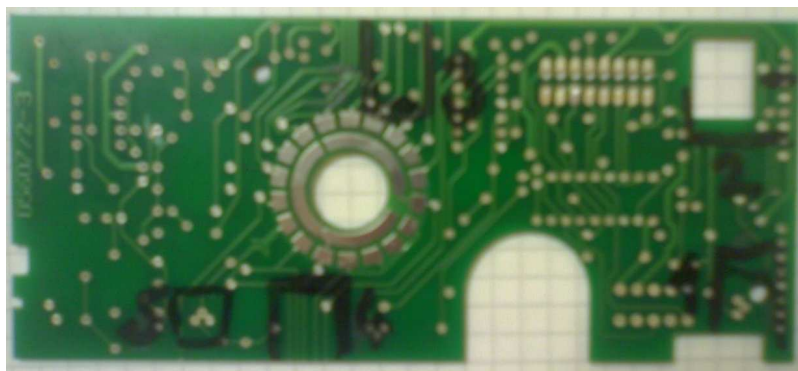
[1] Někdy nazývaná jako tenting. Plátovaný materiál včetně otvorů je chemicky a galvanicky pokoven mědí. Galvanické zesílení mědí se provede na celém povrchu. Po nanesení/expozici/vyvolání fotorezistu zůstanou otvory a vodivé cesty maskovány (kryty) fotorezistem, který slouží jako leptuodolná vrstva (leptací rezist).



Obrázek 8 a) DPS po vyvolání fotorezistu, b) DPS po leptání a stripování fotorezistu

3. Analýza a zhodnocení jakosti DPS

Jako první krok k optimalizaci procesu jsem zvolil analýzu DPS vyrobenou firmou Čemebo Blansko s.r.o. Pro analýzu jsem použil dvouvrstvou (oboustrannou) desku, určenou pro příruční měřicí přístroj METRA. Zaměřil jsem se na defekty, které lze odhalit z horní nebo spodní strany desky jako posun motivů a šířka vodivých spojení. Dále jsem si na desce vytipoval pět míst, které jsem zkoumal pomocí mikrovýbrusu. Zde sem se zaměřil na rozměry vodičů, prokovy a na analýzu vodivých cest a jejich pokovení.



Obrázek 9 Analyzovaná deska s vyznačenými částmi použitými pro mikrovýbrus

3.1 Příprava vzorku

Postup při zalévání vzorku a přípravě mikrovýbrusu

1. Oddělíme požadovanou část obvodu a to buď na pákových nůžkách, nebo s pomocí listové pilky. Vzorky by měli být nejméně 3 a to z různých částí obvodu zahrnující zkoumaný problém – prokov, vodivou cestu atp.
2. Na stěnu a dno vylévací formy nanese tenkou vrstvou separátoru.
3. Do homogenizační nádoby naředíme v poměru 1:3 obě složky Dentacrylu a promícháme.
4. Upevníme vzorek do zalévací formy a zalijeme namíchaným dentacrylem. Přitom dbáme na to, aby vzorek byl co nejlépe vystředěn a aby dentacryl dobře zatekl i do hůře přístupných míst. Měly by jsme se také vyvarovat vzniku vzduchových bublin.
5. Formu se vzorkem umístíme do míst s pokojovou teplotou a vlhkostí a necháme polymerizovat po dobu jednoho dne.
6. Po dokončení polymerizace vzorek z formy vyjmeme a opláchneme. Potom již můžeme začít s mikrovýbrusem. Na hrubší výbrus použijeme hrubozrnný brusný papír typ 120-200. Potom použijeme jemnozrnný papír typ 1200 voděodolný. Při jemném výbrusu se doporučuje užít proudu vody, který smívá již obroušený materiál a celkově zlepšuje parametry výbrusu. V poslední fázi lze ještě užít leštícího kotouče nebo papíru.
7. Okem pozorujeme, popř. měřením zjišťujeme, kolik materiálu je vhodné obrousit a poté sledujeme zkoumaný problém pod mikroskopem.

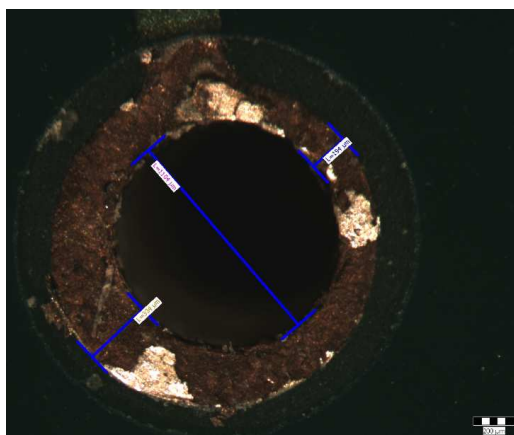
3.2 Analýza DPS

Chyby, které jsou zde uvedené, se většinou opakovali u všech vzorků v různém množství. Proto jsem vybral jen pár ukázek.

3.2.1 Vizuální hodnocení

Valná většina pájecích oček je bez povrchové úpravy. Minoritní počet otvorů podstoupil operaci HAL a to ve špatné kvalitě.

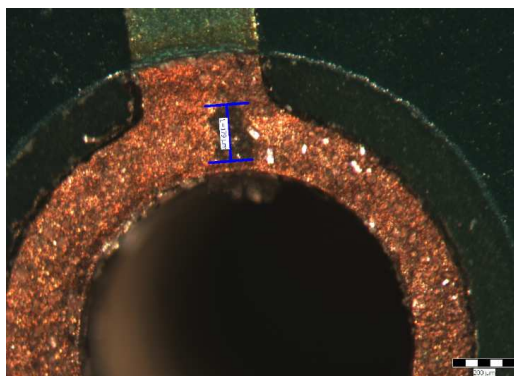
3.2.2 Analýza před mikrovýbrusem



Obrázek 10 Prokov1 - špatné pokovení

Na obrázku 10 je prokov bez povrchové úpravy. Na základním materiálu je nanášeno nepatrně mědi dodatečným pokovením.

Průměr otvoru je asi 1100 μ m. Je zde patrná nesouměrná vrstva měděné plochy pájecího oka. Jeden okraj šířky 154 μ m a na proti němu druhý šířky 334 μ m. Zapříčiněno pravděpodobně špatnou registrací.

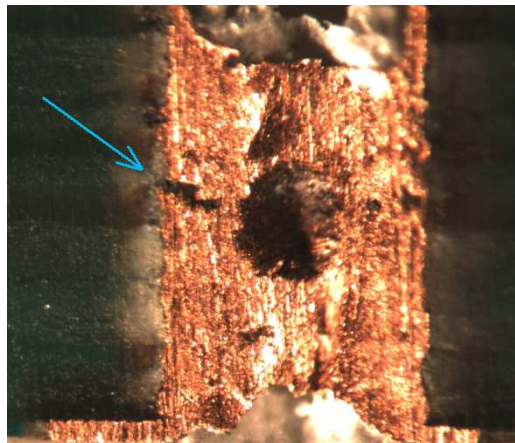


Obrázek 11 Prokov2 - důlek v měděné vrstvě

Na obrázku 11 je zachycen důlek v měděné vrstvě na pájecím oku. Pravděpodobně jen ve vrstvě přídavné mědi, která vznikla galvanickým pokovováním. Je zde také možnost oxidace díky chybějící povrchové úpravě.

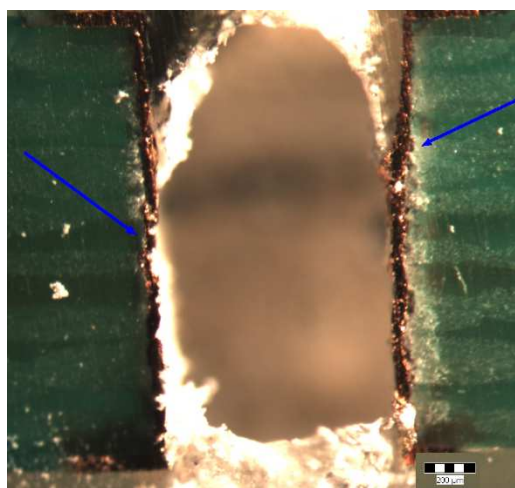
3.2.3 Analýza DPS pomocí mikrovýbrusu

Vertikální mikrovýbrus



Obrázek 12 Důlek a trhlina v pokovení

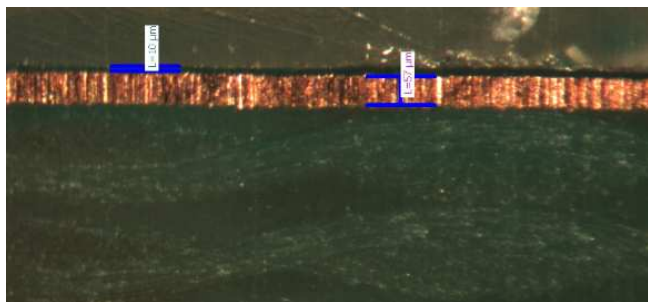
Na obrázku 12 je znatelný důlek v pokovení otvoru. Je zde možnost, že mohl být zvýrazněn při mikrovýbrusu, avšak ne do této míry. Vedle něj se nachází trhlina v pokovení, kterou mikrovýbrus mohl jen odhalit ne zvětšit. Obě to jsou chyby v pokovení.



Obrázek 13 Špatné pokovení otvoru

I na dalším obrázku 13 je zachycen špatně pokovený propoj. Stěny nejsou hladné a rovnoměrné. Celkově špatný dojem. Možná příčina se skrývá v operaci vrtání, kdy vrták mohl být již opotřebovaný, nebo rychlost otáček nebyla zvolena vhodně k rychlosti vertikálního posuvu vrtáku v ose z. Následné pokovování galvanickou mědí má za následek nesouměrné pokovení.

Obrázek 14 zachycuje plošný vodič z boku. Tloušťka vrstvy mědi je $57\mu\text{m}$. Z obrázku není patrné, jestli se jedná o vrstvu plátované mědi samotné či, jestli je zde i přídavná vrstva dodaná galvanickým pokovením. Nepájivá maska je zde nejtenčí a to o tloušťce $10\mu\text{m}$. Nastává tak otázka, jestli tato splňuje nároky na elektroizolační odpor.



Obrázek 14 Tloušťka vodivé cesty a min. zachycená tloušťka nepájivé masky

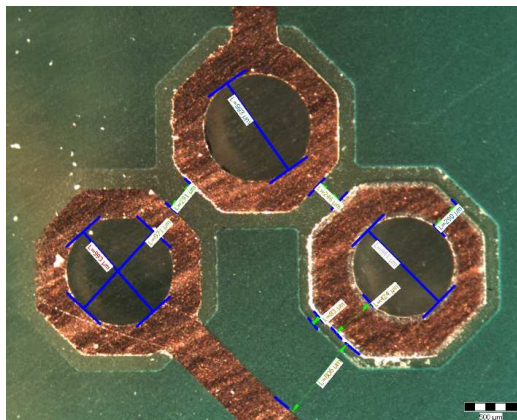
Stejně tak jako u obr. 14 jsou i na obr. 15 zachyceny nedostatky u nepájivé masky. Zde je sice vrstva tlustší avšak stále nesouměrná – na vodiči tenčí než na základním materiálu. To může být způsobeno clonovým nanášením nepájivé masky a jejími kapalnými vlastnostmi, které



v době nanášení má. Je zde také patrné podleptání ($23\mu\text{m}$) a následný lichoběžníkový tvar plošného vodiče.

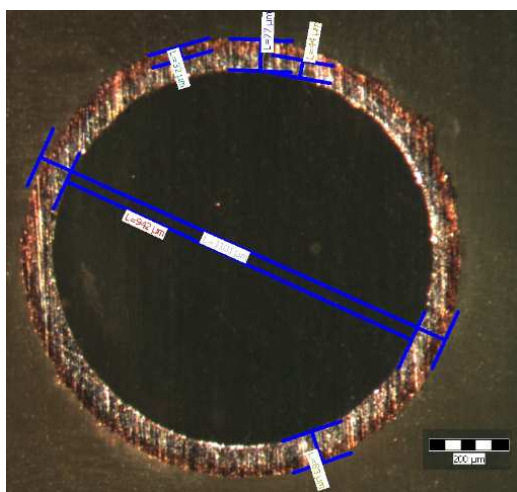
Obrázek 15 Plošný vodič, jeho podleptání, tloušťka nepájivé masky v různých místech

Horizontální mikrovýbrus



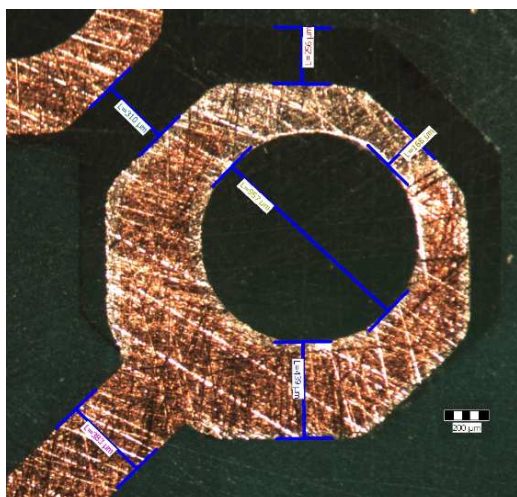
Na obr. 16 jsou zachyceny tři prokovy. Průměry otvorů jsou $993\mu\text{m}$, $993\mu\text{m}$ a $941\mu\text{m}$. HAL je patrný pouze na jednom z nich. Dále je zde patrný posun nepájivé masky, špatná registrace vrtání a vodivého motivu. Je možné, že předloha pro vodivý motiv je špatně natisknuta, neboť u jednoho z otvorů je znatelně více posunut než u ostatních. Vzdálenost okraje pájecího oka a masky je $83\mu\text{m}$.

Obrázek 16 Začátek horizontálního mikrovýbrusu - špatná registrace



Prokov na obrázku 17 má průměr $942\mu\text{m}$. Tloušťka galvanické mědi okolo $32\mu\text{m}$ a tloušťka pájky nanesené HALem asi $44\mu\text{m}$. V pravém horním rohu jsou vidět výrůstky mědi do základního materiálu. Nejspíše způsobeno špatným vrtáním.

Obrázek 17 Horizontální mikrovýbrus prokovu – výrůstky Cu



Obrázek 18 zachycuje poslední fázi mikrovýbrusu. Vzorek je probroušen na druhou stranu. Ukazuje, že druhá (spodní, bottom) strana desky má ještě větší problémy s registrací. Nepájivá maska zasahuje až do pájecího oka. A sesouhlasení operací vrtání a filmové předlohy je také špatné. Samotný otvor není ve středu pájecího oka. Šířka vodivé cesty je zde 393µm, vzdálenost pájecích oček 310µm a průměr prokovu 957µm.

Obrázek 18 Probroušeno na spodní stranu - nesouhlasení nepájivé masky, vrtání i pokovení

3.2.4 Vyhodnocení analýzy DPS, navrhovaná opatření

Použitý mikroskop měl maximální zvětšení 90-krát skutečný obraz. Byl vybaven CCD kamerou pro zachycení obrázků. Z nich následným měřením s pomocí PC a softwaru sem naměřil vzdálenosti s odhadovanou chybou 10%. Pro čtení gerber dat sem použil program GerbMagic V3.6 build 14551.

Zjištěné parametry

Použitý základní materiál FR-4.

Průměrná tloušťka desky včetně nepájivé masky: 1640µm.

Tloušťka nepájivé masky: min. 10µm, průměrná 40µm, max.50µm

Průměrná tloušťka cest: 60 µm

Velikost podleptání: průměrná 20µm, max.42µm

Odstup nepájivé masky od vodivého motivu: až 200µm

Srovnání naměřených hodnot při mikrovýbrusu s gerber daty

Každý z pěti zkoumaných vzorků byl zaměřen na různé druhy vad. Některé na zkoumání prokovů jiné na měření izolačních vzdáleností. V tabulce je uvedena požadovaná hodnota v určitém místě na DPS. Na tomto stejném místě jsem měřil pomocí mikroskopu. Takže například pro hodnotu z gerber dat (požadovanou) šířka vodivých cest, která byla rovna 460µm jsem u všech vzorků změřil místo v kterém by šířka vodivé cesty měla odpovídat 460µm. A podobně i pro izolační vzdálenosti. V tabulce jsou uvedeny pouze hodnoty nejvíce se lišící a hrubý průměr, který jsem vytvořil jako podíl součtu naměřených hodnot.

V tabulce 2 jsou všechny hodnoty uvedeny v jednotkách µm

	Minimální	Průměrná	Maximální	Požadovaná
Šířka vodivých cest	380	440	480	460
Izolační vzdálenost vodič-vodič	800	850	880	810
Izolační vzdálenost vodič - očko	795	805	825	790
Izolační vzdálenost očko – očko	246	260	291	250
Průměr vrtaného otvoru	1070	1185	1110	1050
Tloušťka pokovení (Cu) v otvoru	22	38	47	< 40
Tloušťka pájky (HAL) v otvoru *	15	-	44	≤ 20

*Nerovnoměrně v otvoru (tvoří vydutí ale i prohlubně v celk. bočním pohledu na prokov)

Tabulka 2 Srovnání naměřených hodnot s gerber daty

3.3 Analýza a vyhodnocení statistických údajů

Firmou Čemebo mi byly dodány přehledně zpracované data o chybovosti jak interních tak i externích závad. Z těchto dat vyplývají následující skutečnosti:

- Je třeba řešit traceabilitu a jasné označení desek (kde je dole a kde nahoře), aby nedocházelo ke zbytečným chybám vlivem obsluhy. Návrh na řešení traceability je uveden v bodě 4.3. Z něj by mohlo vycházet i označení pro operátory, aby nedocházelo k obracení motivů o 180° nebo jejich posunutí např. pomocí záměrných křížů apod.
- Chyby v operaci vrtání by bylo možno řešit nákupem novějších zařízení s automatickou registrací. To by bylo vhodné i z pohledu stále větších nároků na miniaturizaci a z toho stále stoupajících nároků na vrtaný průměr a jeho zaměření vůči ostatním vrstvám DPS. Mechanické operace vůbec by měly projít modernizací. Některé chyby by byly odstraněny zvládnutím traceability.
- Pro výrobu VV DPS je nutný nákup zařízení pro registraci jednotlivých vrstev. A dále lisovací zařízení optimální kvality. Je zde možnost uvažovat i o vakuovém lisování.
- Další návrhy a doporučení vyplývají z níže uvedeného.

3.4 Navrhovaná opatření na základě vyhodnocení mikrovýbrusu a statistických údajů

Z mikrovýbrusu je patrný problém se sesouhlasením jednotlivých vrstev vůči sobě a také vůči operaci vrtání. Toto by šlo alespoň částečně odstranit modernějším vrtacím zařízením, osazeným CCD kamerami pro správnou registraci. Vrtaný otvor by pak byl umístěn automaticky do optimálního průsečíku jednotlivých otvorů. Pro modernizaci vrtacího zařízení hovoří i fakt, že jsou některé otvory vyvrtány šikmo a navíc mají nesouměrný vzhled. To může být způsobeno i nedostatečným čištěním po vrtání nebo opotřebeným vrtákem. Problém v registraci motivů je třeba hledat při ručním nanášení tuhého rezistu a jeho exponování. Stejně tak jsou nedostatky v registraci nepájivé masky.

Problém s rozdílem izolačních vzdáleností vodič-vodič apod. není u této DPS až tak zásadní. Avšak u DPS s vyšší konstrukční třídou a jemnějším motivem by již mohl vznikat problém.

Pro odstranění problému s rozdílnou a nesouměrnou tloušťkou pájky nanesené pomocí HAL, by bylo možno provádět tuto operaci v dusíkové atmosféře. To je ovšem nákladná záležitost a nejspíše by byla využitelná jen pro specifitější a menší část výroby. Výhodnější z dlouhodobého pohledu by bylo zavedení jiných povrchových úprav přímo ve výrobním závodě. Možné alternativy jsou OSP nebo imersní technologie. Srovnání metod je v tabulce 1.

4. Návrh doporučení pro optimalizaci výrobního procesu

Při optimalizaci jsem se zaměřil více na technologické řešení a technologické otázky než na ekonomickou stránku problematiky.

4.1 Technologický tok ve fa Čemebo

Jedním z dalších kroků k optimalizaci procesu výroby je optimalizace výrobního toku. Je třeba, aby tento byl plynulý, přehledný a aby jednotlivé operace na sebe navzájem navazovaly. Je také nutné, aby dráha, kterou materiál absolvuje, byla co nejkratší a aby materiál (polotovary) absolvoval cestu jen na ty operace, které na něm budou skutečně vykonávány.

Jak je vidět z obrázku 19 technologický tok ve firmě Čemebo není zcela optimální. Dochází zde ke křížení operací, které na sebe nenavazují. Dráha, kterou DPS urazí při výrobě je také poněkud zbytečně dlouhá. To většinou zmenšuje průchodnost celého procesu výroby a zapříčiňuje zmatky. Z toho plyne menší výtěžnost, vyšší náklady a může docházet ke snižování jakosti výrobků.

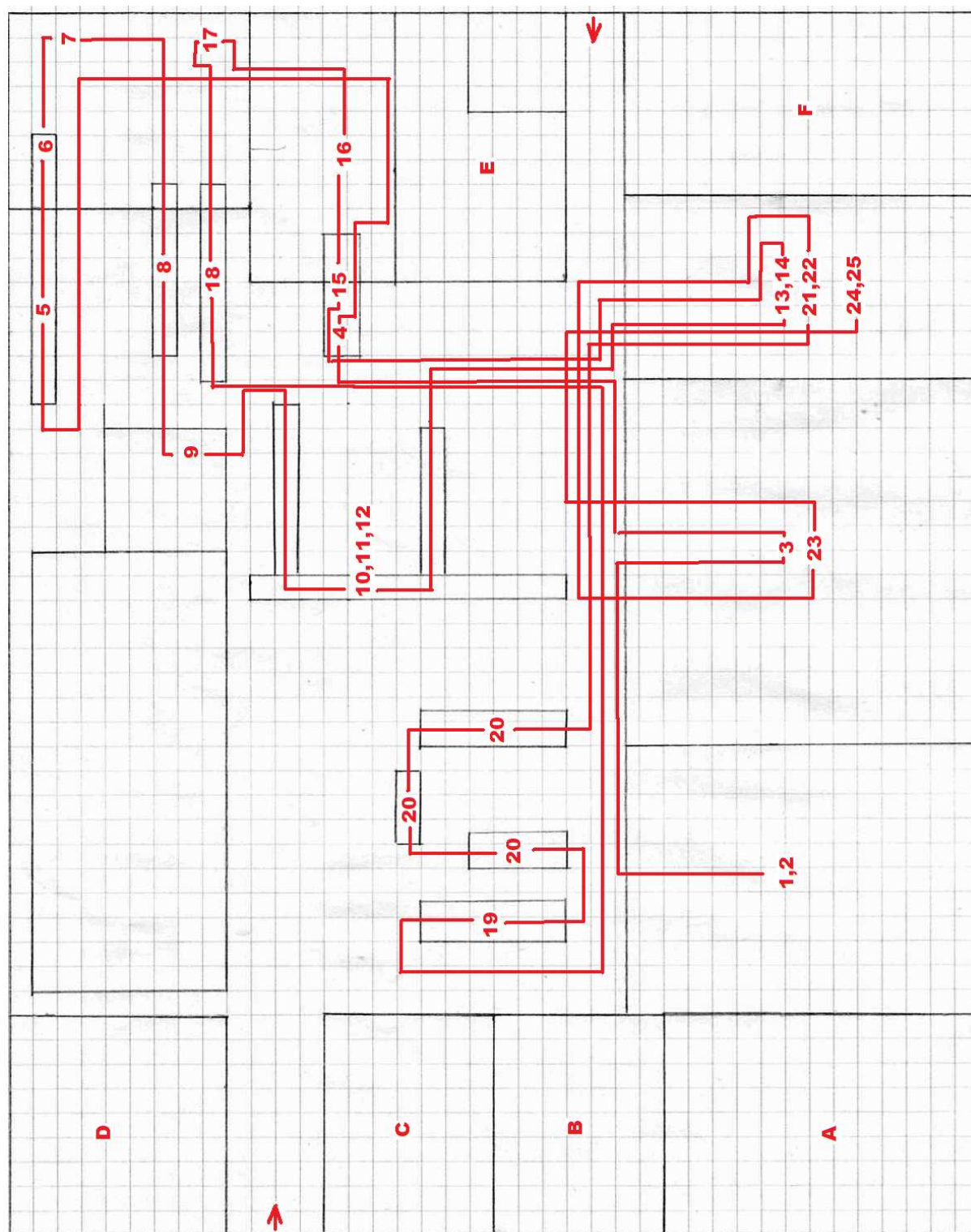
Na obrázku 19 je stručně popsáno rozmístění strojů a tg. tok ve firmě Čemebo. Pro příklad jsem použil výrobní postup pro výrobu oboustranné (dvouvrstvé) desky s povrchovou úpravou HAL bez servisního potisku.

Pro přehlednost jsou v obrázku 18 zaneseny jen nejdůležitější zařízení, potřebná pro výrobu dle postupu v bodu 4.1.1. Přibližné měřítko obrázku 19 je 1:200

Dráha, kterou DPS absolvuje je rovna zhruba 400m (315m po odečtu dráhy zařízení).

4.1.1 Výrobní postup a rozmístění strojů ve fy Čemebo

- | | |
|----------------------------|-------------------------------|
| 1 Stříhat | 14 Elektricky testovat |
| 2 Paketování | 15 Kartáčovat |
| 3 Vrtat | 16 Nanést nepájivou masku |
| 4 Kartáčovat | 17 Exponovat nepájivou masku |
| 5 Shadow | 18 Vyvolat nepájivou masku |
| 6 Laminovat rezist | 19 Vytvrdit nepájivou masku |
| 7 Exponovat motiv | 20 HAL [Pb free] |
| 8 Vyvolat suchý rezist | 21 Opticky kontrolovat |
| 9 Galvanika Cu+Sn | 22 Elektricky testovat |
| 10 Odstranit suchý rezist | 23 Rozfrézovat |
| 11 Leptat | 24 Výstupní kontrola + balení |
| 12 Odstranit kovový rezist | 25 Expedice |
| 13 Opticky kontrolovat | |



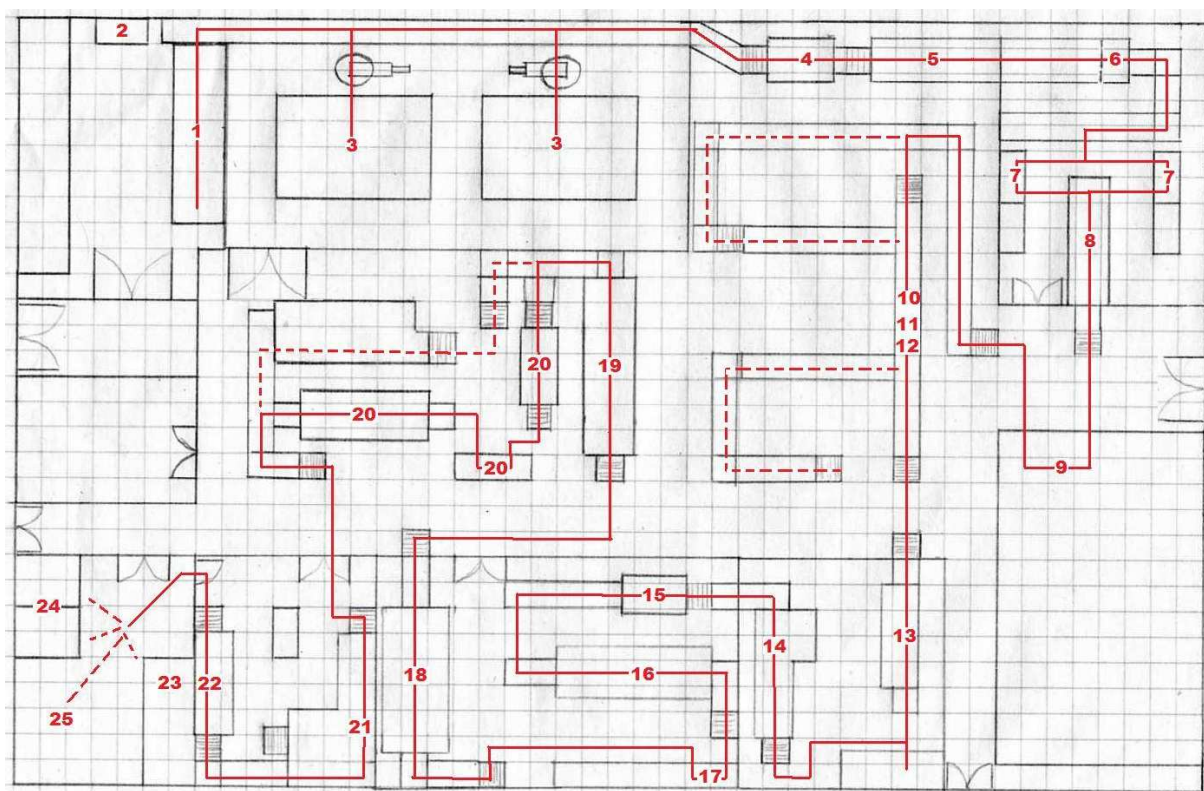
Obrázek 19 Náčrtek rozmístění strojů a tg. tok ve fy Čemebo

- A – Neutralizační místnost
- B – Lis pro VV DPS, mikrovýbrus
- C – Nevyužito
- D – Údržba
- E – Sítotisk
- F – Kancelář, mistrová

Šípkami jsou označeny vchody a východy do haly

4.1.2 Návrh změny výrobního toku a rozmístění výrobních zařízení

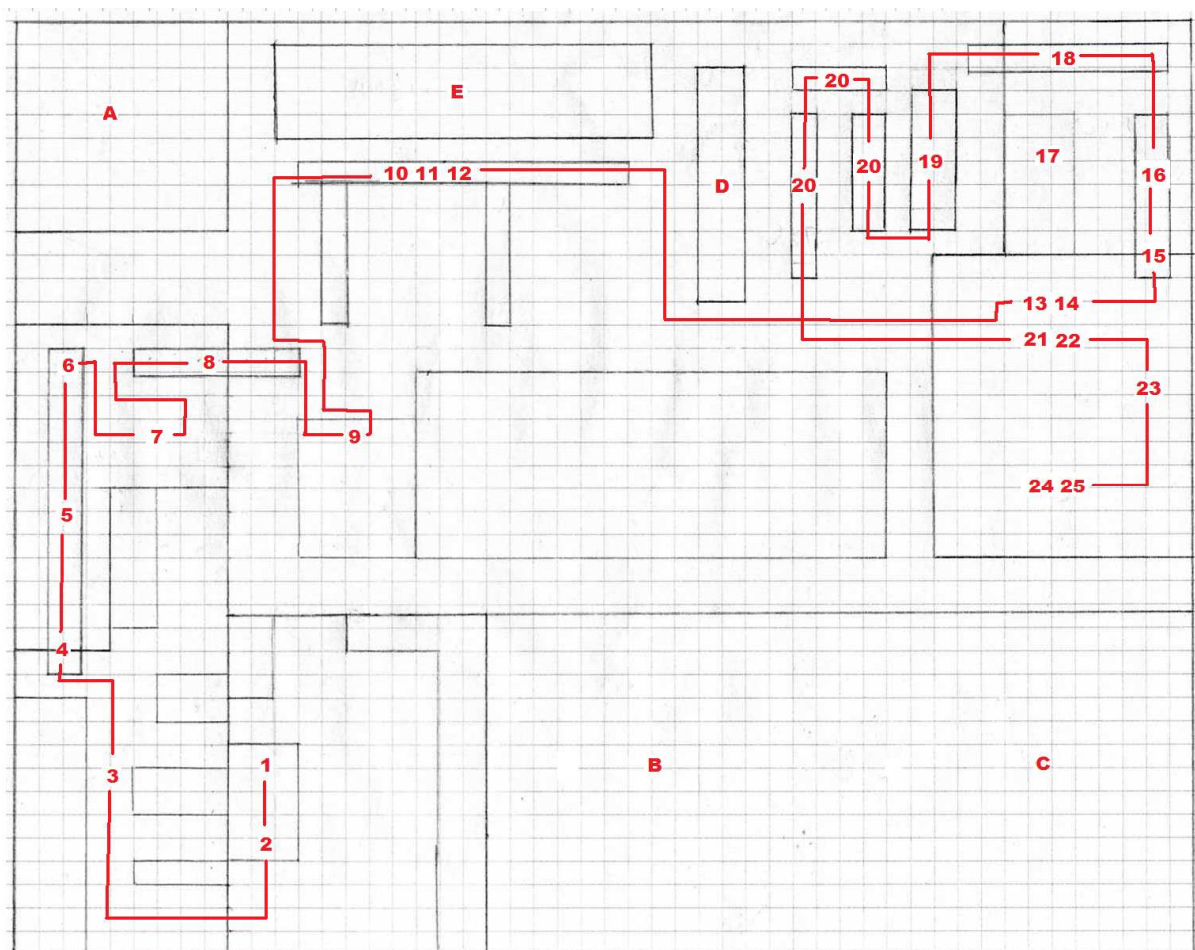
Při návrhu změny výrobního toku jsem postupoval tak, že jsem nejprve navrhl rozmístění strojů a zařízení fiktivně. Čili jsem navrhl výrobní halu na tzv. zelené louce, viz obr. 20. Zde jsem použil pásového dopravníku pro oběh materiálu po hale a pro dopravu na jednotlivé operace a dále zásobníky DPS u jednotlivých zařízení. Zde uvažovaná zařízení jsou zařízení navrhnutá v bodě 4.2 nebo v literatuře [10]. Obrázek 20 je jen ilustrativní pro ozřejmění problematiky rozmístění zařízení. Ukazuje, jak by jednotlivé stroje mohly být rozmístěny, aby byl zajištěn optimální tok materiálu a minimální námaha obsluhy pro výrobu 1V nebo 2V DPS při požadavku na minimální zástavbovou plochu. Není zde řešeno pomocné zařízení jako rozvaděče el. energie, kanalizace apod. Pro optimální využití dopravníků a snížení nároků na obsluhu, tak aby byl proces maximálně automatizovaný, by bylo třeba vyřešit problém traceability. Více o traceabilitě v bodu 4.3.



Obrázek 20 Fiktivní rozmístění zařízení a tg. tok (přibližné měřítko 1:400)

Po fiktivním návrhu, jsem navrhl rozmístění výrobních zařízení do stávajících prostor fa Čemebo, viz obr. 21. V tomto jsou uvažovány drobné změny v architektuře budovy jako zrušení nebo zbudování příček mezi některými místnostmi. Větších změn dostalo rozmístění zařízení. Je počítáno s novými zařízeními (viz 4.2) zejména pro operaci vrtání (3) a frézování (23). Návrh dále počítá s velkým prostorem pro výrobu VV DPS a s plochou pro zřízení zařízení pro další povrchové úpravy jako OSP nebo imersní technologie.

Tato varianta, stejně tak jako varianta na obr. 20, nebude velice pravděpodobně vůbec realizovatelná díky její složitosti. Slouží pouze jako ukázka mého postupu při optimalizaci tg. toku a jako ukázka možného optimálního rozmístění zařízení. Nepočítá se stávajícím rozvodem el. energie ani s odpady apod.



Obrázek 21 Možné rozmístění zařízení ve výrobních prostorách fa Čemebo

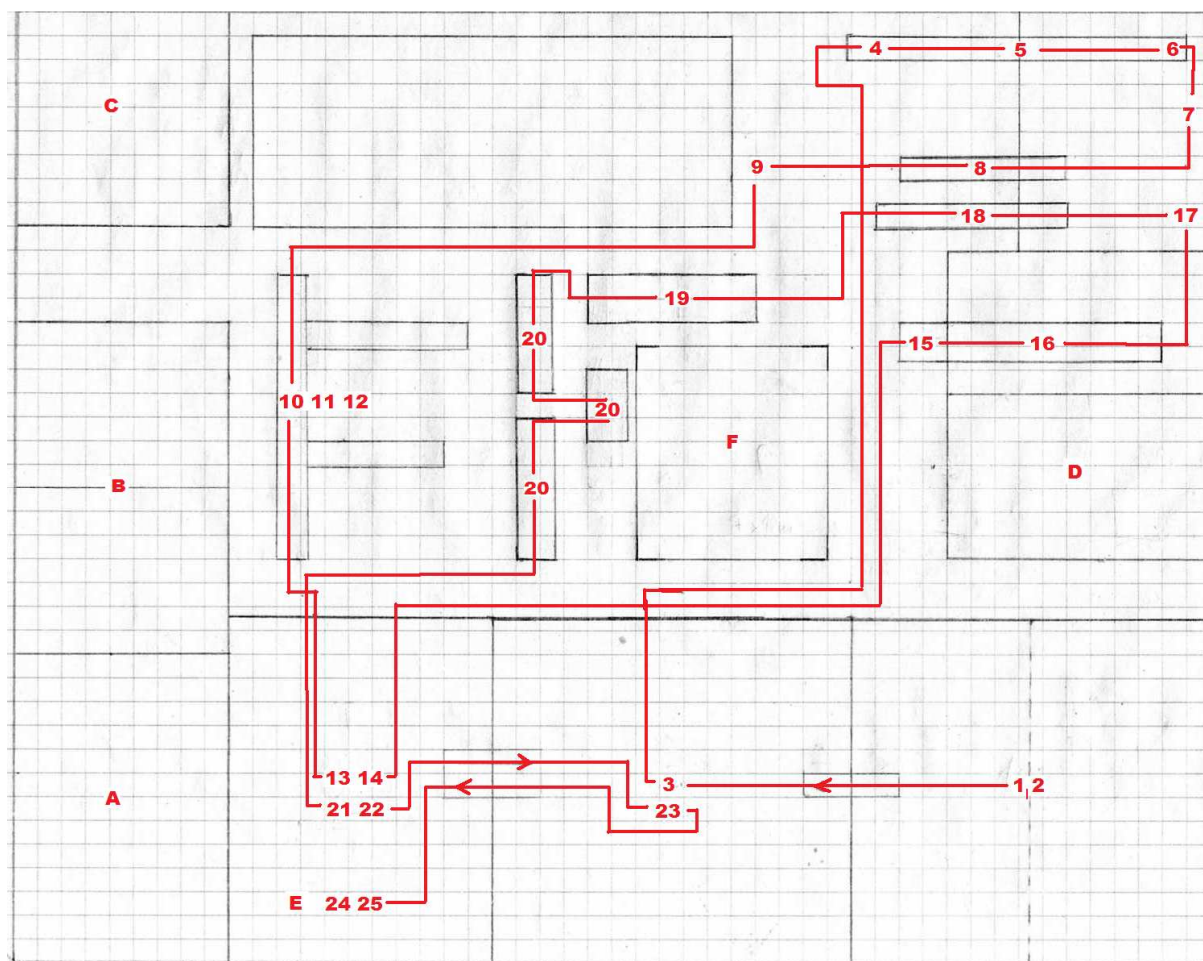
- A – Údržba
- B – Výroba VV DPS
- C – Neutralizační místnost
- D – Plocha pro OSP
- E – Plocha pro imersní technologie

Nyní zde uvedu tři reálně proveditelné verze rozmístění zařízení a z toho plynoucí tg. tok. Ve všech verzích uvažuji dovybavení druhou kartáčovanou a její spojení se shadow procesem. Galvanickou linku, neutralizační místnost a pracoviště nepájivé masky a rezistu považuji za pevně dané (neměnné), zejména kvůli složitosti a náročnosti přesunu těchto zařízení.

VERZE 1

Zde bych navrhl záměnu testovacího pracoviště a skladu. Toto přispěje ke zjednodušení tg. toku a ke zkrácení dráhy, kterou DPS při výrobě absolvuje. Vystává však zde otázka, jestli je záměna proveditelná zejména kvůli přístupové cestě do navrhovaných prostor skladu. Toto by stěžovalo realizaci. Další změna patrná z obrázku 22 je zrušení resp. přestěhování

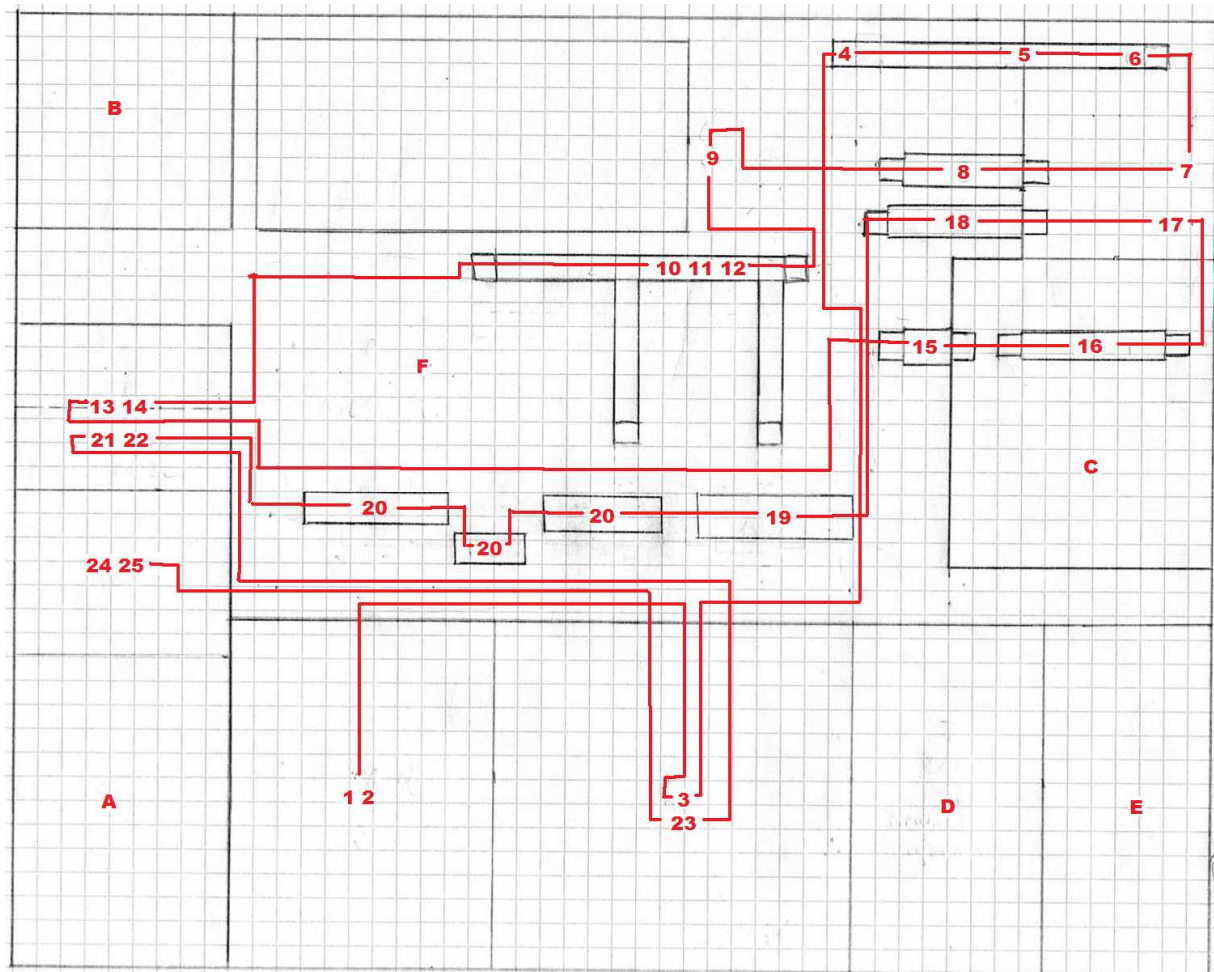
kancelářských prostor. Ty by bylo možno realizovat v prvním patře budovy. Tím by byl zaručen dostatečný skladový prostor a vznikl by tu prostor i pro realizaci tisku motivů, za předpokladu částečného oddělení těchto místností. Přesunutím testovacích zařízení do bývalého skladu se tyto zvětší a bylo by možno zde přidat InkJet značení již vyrobených DPS. Nebo je zde možnost InkJet značení umístit do prostor sítotisku. Ten bych doporučil omezit na jedno zařízení, zejména kvůli jeho rozsáhlosti a časové náročnosti. Další výrazná změna je přesunutí leptací linky a operace HAL. Při vhodném umístění pomocných zařízení a po odstranění nepoužívaných zařízení, které se v této době ve fa Čemebo nachází, by vznikl prostor pro umístění linky OSP popř. linky pro jiné povrchové úpravy. Úspora dráhy (bez zařízení), kterou DPS absolvuje je zhruba 40%. Této úspory by bylo docíleno především zavedením mezioperačního dopravníku. Jmenovitě mezi místnostmi skladu, vrtání a testování. Dopravník by musel být vybaven např. plastovým závěsem, aby nedocházelo k ovlivňování okolního prostředí (testerů) nečistotami (z vrtání) a velice pravděpodobně by bylo zapotřebí odhlučnění.



Obrázek 22 Tg. tok verze 1

- A – Neutralizační místnost
- B – Výroba VV DPS
- C – Údržba
- D – Sítotisk
- E – InkJet značení
- F – Plocha pro OSP (8x9m)

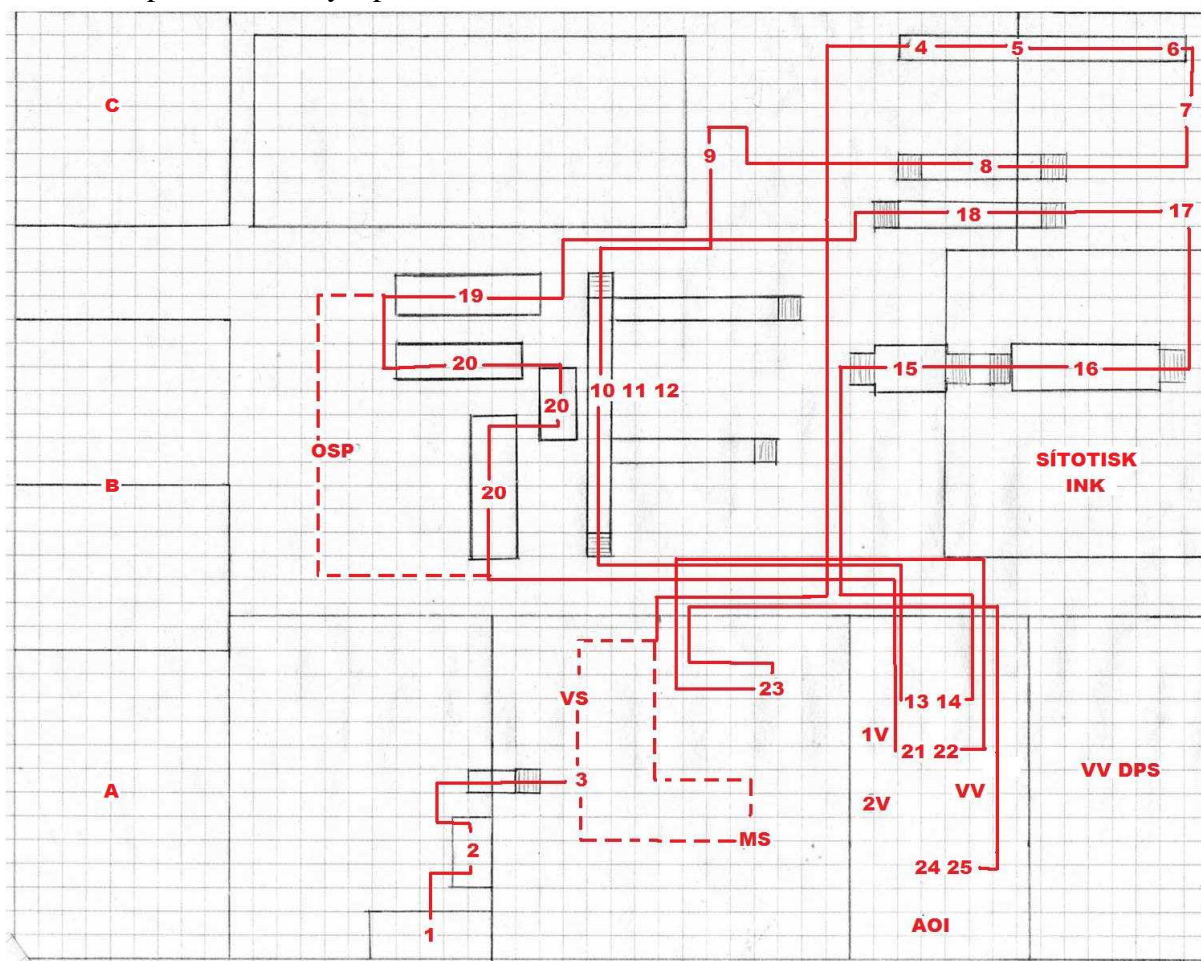
Ve verzi 2 uvažují umístění testovacích zařízení do stávajících prostor pro mikrovýbrus a do prozatímních prostor určených k lisování VV DPS. Tyto místnosti by byly částečně propojeny a popř. dovybaveny InkJet značením. Lisování a ostatní operace spjaté s výrobou VV DPS by byly umístěny místo testerů. Také operace HAL a leptací linka doznává změn, jak patrně z obrázku 23. Velkou nevýhodou tohoto návrhu je mezioperační přenos DPS mezi testováním (operace č. 13 a 14) a nanášením nepájivé masky (operace č. 15-18). Na druhou stranu úspora dráhy je zde až 20% a při použití mezioperačních dopravníků, stejně jako u verze 1, by byla dráha ještě více zkrácena a proces by se více zpřehlednil a zjednodušil. Z obr. 23 je také patrné umístění dalších povrchových operací (bod F). Celková odhad dráhy bez strojů je roven 255m.



A – Neutralizační místnost
B – Údržba
C – Sítotisk
D – Výroba VV DPS
E – Kancelář
F – Plocha pro OSP

VERZE 3

Poslední navrhovaná změna je ze všech uvedených nejméně náročná. Využívá některé výhody výše zmíněné a bere v úvahu výrobu VV DPS a doplnění výroby o OSP (či jinou povrchovou úpravu) a InkJet značení. Optimalizace dráhy je však oproti ostatním návrhům menší. Velká změna umístění by se dotkla jen operace HAL a některých vrtacích a testovacích zařízení. Jako u ostatních verzí i tato uvažuje přidání další „kartáčovačky“ a mezioperačního dopravníku (ošetření prašnosti a nečistot z vrtání závěsy popř. i vzduchotechnikou). A také zrušení resp. přemístění kanceláří. Je také vhodné všechny zařízení doplnit zásobníky a podavači DPS.



Obrázek 24 Tg. tok verze 3

- A – Neutralizační místnost
- B – Žádná změna (možnost výroby VV DPS)
- C - Údržba

Tabulka srovnání jednotlivých návrhů

	Verze 1	Verze 2	Verze 3
Dráha*/úspora dráhy	190m / 40%	255m / 20%	285** / 10% **
Náročnost změny	Velká	Střední	Nízká
Nevýhody	- Stavební úpravy - Nedořešený přísun materiálu do skladu - Možné ovlivnění operací č. 1-3-13,21	- Dráha mezi 14-15 - Přesun lept.linky a HALu - Prac. prostor u galv. linky	- Nepřehlednost - Malá úspora - Prac. prostor u galv. linky
Výhody	- Velká úspora dráhy - Přehlednost procesu	- Úspora dráhy - Zjednodušení	-Poměrně jednoduchá realizace

*Dráha je uvedena tzv. čistá, tedy bez dráhy, kterou DPS absolvuje na zařízeních (ta je asi 85m)

** Při zavedení jednoho dopravníku mezi sklad-vrtání (jinak asi jen 5%)

Tabulka 3 Srovnání jednotlivých návrhů změny tg. toku

4.2 Dovybavení výrobním zařízením

Zařízení používané ve fa Čemebo jsou na různém stupni výkonnosti a propustnosti. Životnost některých zařízení se pomalu blíží ke konci. Testovací zařízení typu jehlová pole nebo některá vrtací zařízení jsou v dnešní výrobě spíše ojedinělá. Níže bych alespoň zhruba přiblížil, které operace lze vybavit nebo dovybavit modernějšími nebo výkonnějšími zařízeními.

Jako přítěž bych viděl zařízení, která jsou ve firmě umístěna a vůbec se nepoužívají, ba dokonce překáží. Doporučil bych proto tyto vystěhovat či prodat např. v nějaké aukci či burze zaměřené na tuto problematiku.

4.2.1 Dělení materiálu

Současné dělení optickými nůžkami je pro současnou výrobu dostačující jak po stránce rychlosti operace, tak po stránce kvality. Časem ovšem může dojít k tomu, že tyto parametry nebudou dodrženy. Stále zvyšující se nároky na kvalitu dolehnou i na tuto operaci. Do budoucna bych tak navrhoval zaměnit stávající optické nůžky za perspektivnější zařízení a to za laser resp. zařízení pro laserové dělení.

Příklad české firmy zabývající se dělením materiálu pomocí laseru je LAO průmyslové systémy s.r.o. – www.lao.cz

Zahraniční firma specializovaná na dělení přířezů je např. Orbotech se zařízením rodiny LP-9. Webové stránky - www.orbotech.com.

4.2.2 Vrtací zařízení

Schmoll-Maschinen

Po vyhodnocení statistických údajů o chybovosti, které mi byly poskytnuty fy Čemebo a po domluvě se zástupcem firmy, bych doporučil „vrtačku“ německé firmy Schmoll Maschinen série MX, která má vysokou úroveň a firma ji vydává za svůj přední model. V závislosti na požadované vytíženosti stroje nabízí firma několik variant série MX dělených zejména dle počtu vřeten (od jednoho do šesti vřeten) a dále dle toho, jestli stroj bude používán k výrobě malých rozdílných sérií (flexible) nebo k velkosériové výrobě (mass-production). Série MX je osazena individuálními lineárními motory pro každé vřeteno ve všech osách. Je vhodná pro vrtání mikropropojů a vícevrstvých DPS. Výrobce nabízí velké množství typů a kombinací nástrojů a zařízení. Pro příklad je možnost kombinace se zásobníkem DPS, použití CCD technologie nebo neméně důležitá lehká výměna jednotlivých vřeten. Další funkce jako automatická kalibrace, kontrola používaného nástroje atp. jsou samozřejmostí. Servis a doprovodné služby pro ČR provádí rakouská firma Impex.

Důvody zvolení Schmoll: - všeobecně dobré povědomí o značce (firmě)

- fa Čemebo již zařízení této značky vlastní => zkušenosti

Základní technické údaje se odvíjí od použitého vřetene.

Pro vřeteno typového označení PS 300 jsou:

Provozní rozsah otáček: (30 000 – 300 000) ot/min

Optimální vrtaný průměr otvoru : (0,075 – 2) mm

Možný vrtaný průměr otvoru: (0,05 – 3,175) mm

Kazeta (zásobník) nástrojů: 110 kusů nebo Euro Tool Chain - až 6200 kusů

Více informací v příloze „Datasheet Smoll MX“ nebo

Webové stránky : Schmoll Maschinen – www.schmoll-maschinen.de

Impex

- www.impex.co.at



Obrázek 25 Vrtací zařízení Schmoll série MX s jedním a šesti vřeteny

HML

Nabízí speciální vrtací zařízení s AOI pro automatickou registraci a vrtání vnitřních vrstev. Zařízení má ovšem značně horší parametry než „vrtáčky od Schmollu“, z toho však plyne i rozdílná cena. Zařízení firmy HML typ Optidrill 20 by bylo dobře využitelné pro menší série VV DPS.

Datasheet v souboru : HMLregistrierungssystem_e.pdf

Další výrobci přicházející v úvahu: Klingerberg, Mania ,

4.2.3 Podavače, manipulátory, ježkové zásobníky, pipety

Zásobníky jsou určeny ke zmenšení doby mezi předávkou dvou desek u jedné operace neboli k plynulosti přísunu dalších polotovarů. Shromažďují určitý počet DPS a automaticky plní zařízení tak, aby nezahlélo a bylo schopno pracovat s co největší účinností. Tím přispívají k plynulosti toku materiálu a vyrovnávají stav při nepředvídatelných událostech jako poruchy apod. Jsou důležité zvláště při výrobě, kde na sebe navzájem jednotlivá zařízení navazují. Většinou jsou uzpůsobeny tak, aby mohli plnit funkci jak podavače, tak odkladače (loader/unloader).

I z těchto důvodů mne překvapilo, že ve firmě Čemebo mnoho zařízení vybavených takovými zásobníky je nepoužívá, neboť jsou v poruše nebo jimi nejsou vybaveny.

Zařízení (operace), která zásobníky má, ale nepoužívá je (z jakýchkoliv důvodů) :

- Vrtací zařízení
- Kartáčovačka
- Nanášení a vytvrzení nepájivé masky

Zařízení (operace), které by mohli být dovybaveny zásobníky :

- Shadow proces
- Leptání (combiline)

Porovnání základních vlastností dvou klasických ježkových podavačů a jednoho automatického

Výrobce a typ	Velikost DPS [mm]	Transportní rychlost [m/min]	Max. tloušťka DPS [mm]	Spotřeba [kW]	Váha [kg]
MASS VS	610 x 610	0 – 8	-	0,3	150
Resco VL (25-50-100)	610 x 610	0 - 3	4	0,3	100
Resco robot 1-M full-auto	610 x 800	8 DPS/min	6	1,2	180

Tabulka 4 Porovnání základních vlastností různých podavačů

Podrobnější informace o těchto zařízeních jsou v příloze ve složce Loader_Unloader.

PPT

Zajímavé možnosti na poli podavačů nabízí slovenská společnost PPT spol. s.r.o. Jejich na první pohled menší podavač typ DPSNV 600 by byl přinejmenším dostačující pro většinu zařízení. Díky svým menším rozměrům by mohl být instalován i jako zásobník pro operace omezené prostorem. Dle dostupných informací by jeho cena měla být nižší než výše uvažovaná zařízení.

Vlastnosti zařízení DPSNV 600 firmy PPT [8]:

- nerezový rám
- volba velikosti zásoby stohovaných DPS
- jednoduché ovládání
- možnost použití malých DPS vedle sebe – tři snímače přítomnosti

Internetové stránky výrobců podavačů/zásobníků :

PPT spol. s.r.o. <http://web.stonline.sk/ppt/>

MASS www.mass-pcb.de

RESCOTRONIC www.resco.it

ESSEMTEC www.essemtec.com

LAIF www.laif-online.de

4.2.4 Kartáčovačka

Po operaci vrtání se deska umísťuje na kartáčovačku, aby se odstranily nežádoucí otřepy. V současnou chvíli je v „Čemebu“ k dispozici pouze jedna kartáčovačka a ta se používá jak k odstranění otřepů, tak i ke kartáčování před nanesením nepáživé masky. Deska se tak pohybuje po delší a složitější cestě.

Pokud by byl proces dovybaven další kartáčovačkou, která by byla umístěna před shadow linkou (zvodnění), materiálový tok by se zjednodušil a zpřehlednil. Kartáčovačka by se teoreticky měla prostorově „vlézt“ před shadow linku a dále by měla navazovat na tuto linku buďto vlastním nebo přídatným dopravníkem. Jak je vidět z obrázku 18 vyvstává problém s umístěním kartáčovačky mezi shadow linku a galvanickou linku. To by bylo možno vyřešit reorganizací pracovní plochy operátora galvanické linky. Tato reorganizace by byla nutná i z hlediska zamýšlené změny výrobního toku.

Doporučené zařízení:

Firma Resco nabízí několik typů kartáčovaček, odlišných rozměry, počtem kartáčů, atp. Jako příklad jsem s ohledem na rozměry vybral zařízení Rescotron Brushrobot E-B-B2-W-F. Technická specifikace v příloze, soubor Brushrobot EBB2WF.jpg. Základní vlastnosti jsou:

Počet kartáčů: 4

Pracovní šířka : 620 mm

Rozměr : (2550 x 1440 x 1170) mm

Webové stránky výrobce: <http://www.resco.it/data-spec/surface.htm>

Webové stránky dodavatele do ČR: <http://www.chemelek.cz/ind/pcbs.html>

4.2.5 Lisování

Pro výrobu VV DPS je nutné jednotlivé DPS z kterých se VV DPS skládá „složit dohromady“. K tomuto slouží metoda lisování DPS. V „Čemebu“ se nachází lis, který by bylo třeba zaměnit za novější typ, jelikož stávající lis může pojmout pouze omezený počet DPS najednou a navíc je tento limitován jejich tloušťkou. Je zde také nutnost řešit kompatibilitu s VV DPS pro mikropropoje (microvia).

Touto problematikou se zabývá kolega Jiří Libich ve své bakalářské práci s názvem : Návrh koncepce výrobní linky pro výrobu vícevrstvých DPS s mikropropoji. Zde doporučuje výrobce HML a typ LP 2000-VK.

Datasheet lisu HML je v příloze soubor: multilayerpressen_d.pdf

4.2.6 Testery a kontrola

Elektrické testery

Ve firmě Čemebo je jedno z úzkých míst u operace testování. Po domluvě se zástupcem „Čemeba“ jsem se zaměřil na výrobky od firem, jejichž zařízení již v „Čemebu“ pracuje (ATG, MANIA) a dále jsem zařadil testery od firmy MicroCraft zejména, kvůli její zlepšující se prestiži. Od každého výrobce jsem vybral dva modely, pro které byl hlavní parametr rozměr testovací plochy - okolo (500x600) mm, což je v současnosti maximální možný rozměr desek vyráběných v „Čemebu“.

ATG

Je jednou z předních a nejznámějších značek v oboru testování DPS již od roku 1979. Pro elektrické testování nabízí čtyři modely. Jsou to typy A5 (modifikace A5S) a A6 (modifikace A6S), které mohou být doplněny přídatným zařízením jako vakuový box (modifikace A5S a A6S), automatickým podavačem a zásobníkem atp. Zařízení je kvalitní, sofistikované, podporující přenos dat přes ethernet a TCP/IP. Rychlost testování je velmi vysoká a PC se softwarem je součástí. Jako nevýhodu bych viděl absenci levnějších verzí, jelikož pořizovací náklady na tyto zařízení jsou dosti značné. A dále, stroj má velkou zástavbovou plochu a hmotnost.

Webové stránky : www.atg-test-systems.de

Datasheets v příloze soubor : ET ATG A5.pdf a ET ATG A6.pdf



Obrázek 26 Elektrické testery ATG A5 a A6

MANIA

Firma MANIA je v oboru testování přes 10 let a má zastoupení po celém světě. Konkrétně pro ČR je to v Německu. V současné době nabízí 7 modelů pro elektrické testování a to ve všech cenových i výkonnostních kategoriích včetně takových, které se dají zařadit do linky tak, aby pracovali automaticky. Z webových stránek jsem vybral dva zástupce. První typ MANIA loc8 o kterém výrobce tvrdí že je cenově výhodný a druhý typ FJ980, který je velmi rychlý a přesný.

Webové stránky : www.maniagroup.com

Datasheets v příloze soubor : ET MANIA loc8.pdf a ET MANIA FJ 980.pdf



Obrázek 27 Elektrické testery MANIA „loc8“ a „FJ980“

MicroCraft

Japonská firma založená roku 1972 se zastoupením v Německu je zaměřena především na výrobu tzv. „flying probe“ elektrických testerů. Jako vedlejší produkty nabízí impedanční testery a značení DPS pomocí „inkjet“ systému. Nabízí devět typů elektrických testerů. Šest s ruční obsluhou a tři pro automatický provoz vybavené podavači a zásobníky. Elektrické testery označuje souhrnným názvem EMMA a typovým označením. První vybraný ekonomický model ELX 6146 výrobce označuje jako celosvětově nejprodávanějším. Jako „high end“ by zde mohli být vybrány dva modely a to ESM 6151 (Spyder), který má 8 sond pro větší rychlost a typ EMX 6151, který má jen 4 sondy, za to ale přijatelnější rozměry, daleko menší váhu a větší přesnost a myslím, že by pro fy Čemebo byl i vhodnější. Jako nevýhodu těchto zařízení bych viděl absenci zobrazovací jednotky (monitoru), ovšem pokud je zařízení dobře navrženo není to tak podstatné. Jejich velkou výhodou je cena, která je ze všech tří značek nejpříjemnější.

Webové stránky: www.microcraft.jp

Datasheets v příloze soubor: ET EMMA elx6146.pdf a ET EMMA Spyder ESM 6151.pdf

Poznámka k obrázku 26: typ ELX6146 a EMX 6151 mají shodnou vizáž



Obrázek 28 Elektrické testery Microcraft ELX 6146 (EMX 6151) a Spyder ESM 6151

Porovnání testerů skupina „Economic“

V tabulce 5 jsou uvedeny klíčové hodnoty jednotlivých zařízení. Skupinou „Economic“ je myšleno to, že zařízení jsou buď takto označena samotným výrobcem, nebo jsou to zařízení nejlevnější (pro daný rozměr DPS) od daného výrobce. To s sebou samozřejmě nese nevýhody jako nižší rychlost testování nebo menší přesnost. ATG má zde výhodu, protože nevyrábí zařízení takovéto kategorie.

	Max.výkonnost [testovacích míst/minuta]	Počet testovacích sond	Testovací plocha [mm]	Max.tloušťka desky [mm]	Opakovatelná přesnost [μm]	Hmotnost [kg]
ATG A5	4 500	8 (4/4)	610x460	7	±10	1200
MANIA loc8	3000	4 (2/2)	620x510	3 / 5.5	±15	560
EMMA ELX6146	-	4 (2/2)	610x500	6	±10	760

Tabulka 5 Srovnání testerů „economic“

Porovnání testerů skupina „High speed,Accuracy and Density“

Zde jsem vybral čtyři zařízení, které výrobci označují jako své nejlepší (nebo tzv. high end) modely s přihlédnutím k max. rozměrům testované desky.

	Max.výkonnost [testovacích míst/minuta]	Počet testovacích sond	Testovací plocha [mm]	Min/Max. tloušťka desky [mm]	Opakovatelná přesnost [μm]	Hmotnost [kg]
ATG A6	9 000	16 (8/8)	600x620	10	±5 μm	1800
MANIA FJ 980	>6000	2 (1/1)	610x610	0,05 / 5	±6μm	900
EMMA EMX 6151	8000	4 (2/2)	510x610	9	±4μm	1050
Spyder ESM 6151	>9000	8 (4/4)	510x610	9	±4μm	3100

Tabulka 6 Srovnání „high end“ testerů

Srovnání přesnosti

	Opakovatelná přesnost [μm]	Rozlišení [μm]	Velikost plošky [μm]	výška plošky [μm]	Počet CCD kamer [-]
ATG A6	$\pm 5 \mu\text{m}$	5	25	50	8 HR
MANIA FJ 980	$\pm 6 \mu\text{m}$	2	25	50	1 barevná
EMMA EMX 6151	$\pm 4 \mu\text{m}$	2	100	41	2/2
Spyder ESM 6151	$\pm 4 \mu\text{m}$	2	120	60	4/4

Tabulka 7 Srovnání „high end“ testerů z pohledu přesnosti

Doporučení:

Pro výběr vhodného zařízení, bych viděl jako nutnost kontaktovat výrobce, ať už zmíněné nebo jiné, aby prezentovali svoje výrobky buď přímo ve firmě Čemebo Blansko s.r.o. nebo v lepším případě v podniku výrobce zařízení.

X-RAY (RTG)

Pro výrobu VV DPS, je vhodné doplnit fa Čemebo kontrolním zařízením k tomu určeným. Kontrola VV DPS může probíhat pomocí elektrických testerů. Ty ovšem zkontrolují jen elektrické vlastnosti. Optický tester kontroluje jen zevnějšek DPS. X-ray má využití na částech DPS, kde kontrolu nelze provádět opticky tj. odrazem, čili nám zobrazí vnitřní strukturu DPS. Je kontrolním nedestruktivním nástrojem, který má velkou perspektivu, nejen pro VV DPS, ale i pro 1V a 2V (viz obr. 28b).

Phoenix

Pomocí e-mailu jsem oslovil českou firmu zabývající se prodejem technologických zařízení, materiálů a odborných služeb pro elektrotechnický průmysl s názvem PBT Rožnov p.R., s.r.o. s tím, aby mi nabídly rentgen specializovaný pro výrobce DPS. Bylo mi nabídnuto následující:

Nabídnout můžeme dvě modelové řady. Ta základní ML Inspector se dále dělí na velikostní varianty podle velikosti testovaného PCB. Standardní verze je do (510 x 610) mm, XXL verze do (1500 x 750) mm a XXXL do (3050 x 1700) mm.

Dražší modelová řada je ML Analyser. Ta je jen v jedné rozměrové variantě pro PCB do (460 x 610) mm. Nabízí ale mnohem lepší RTG trubici s neomezenou životností, navíc další CNC osu.

Je možné si rentgen (podobný tip, který Vám nabízím) vyzkoušet a v reálu se podívat na jeho zobrazení.

Jinak pár slov k výrobcí RTG. Firma Phoenix je německou firmou, která se specializuje na High End rentgenové přístroje pro elektrotechnický průmysl. Za 10 let existence se dokázala vypracovat na nejrozšířenějšího dodavatele rentgenů v tomto odvětví. PBT je výhradní dovozce do ČR a SR. Poskytujeme i plný servisní support jak při instalaci tak při záručním i pozáručním servise. Se strojem Vám zařídíme všechny potřebné dokumenty spojené se zákony ohledně radiační bezpečnosti včetně pravidelných kontrolních měření úrovně radiace atd.

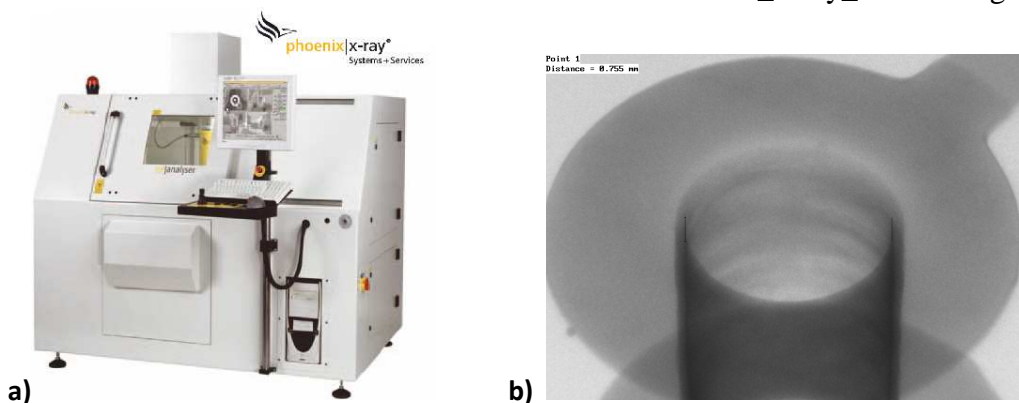
Cena základního modelu ML Inspector začíná na 90 000 €. Dražší modelová řada ML Analyser začíná na 140 000 €.

Webové stránky: www.pbt.cz

Datasheets v příloze soubory: ML INSPECTOR : PBT_x-ray_ml_inspector_engl_4c_2.1.pdf

ML ANALYSER : PBT_x-ray_ml_analyser_engl_4c_3.1.pdf

ML AUTO-REGISTRATION: PBT_x-ray_ml_auto-regi1_4.pdf



Obrázek 29 a) RTG zařízení Phoenix ML Analyser, b) zobrazení prokovu, průměr 0,75mm

DAGE

Firma se čtyřiceti-letou tradicí v oboru inspekce. Zabývá se vývojem a výrobou RTG zařízení pro inspekci DPS, RTG zařízení pro medicínské účely a vývojem a výrobou tzv. boundary testerů. Na poli x-ray testerů nabízí 5 modelů s různými modifikacemi, včetně 3D tomografie (CT). Pro využití ve fy „Čemebo“ se nabízí modelová řada XiDAT XD7500, která je cenově velmi variabilní a to dle použité RTG trubice, která může být otevřená nebo uzavřená. To ovlivňuje jak cenu, tak i kvalitu inspekce. Možností dalšího dovybavení tohoto zařízení je mnoho od zvětšení rozlišení až po zvětšení monitoru. Výhodou u tohoto zařízení je možnost natočení kontrolovaného obrazu až o 70°.

Zastoupení pro Českou Republiku zajišťuje Irská firma Quiptech.

Webové stránky DAGE: www.dage-group.com

Quiptech: www.quiptech.com

Datasheet k modelu XiDAT XD7500 soubor: DAGE_DG-047 XD7500VR.v2.pdf

SCHMOLL-MASCHINEN

Dalším výrobcem RTG zařízení je SCHMOLL. Na www stránkách jsou uvedeny dvě modelové řady a to:

XRC – kombinace manuálního RTG se standardním vrtacím zařízením s CCD kamerou pro VV DPS

XRD – plně automatické RTG zařízení pro masovou produkci DPS (možnost in-line nebo zásobníku)

Srovnání základních modelů x-ray testerů:

	Skenovací prostor [mm]	Celkové zvětšení	Rozpoznatelný detail [μm]	Bezpečnost [$\mu\text{Sv/hr}$]	Hrubá hmotnost [kg]
Phoenix ML INSPECTOR	610x510	1200	3	< 1	1450
DAGE XD7500	458 x 407	460	0,95	< 1	1900

* Jedná se o základní modely, které mohou být dále dovybaveny pro zkvalitnění přesnosti a zvětšení

Tabulka 8 Srovnání základních modelů x-ray testerů

Využití RTG testerů:

- Nedestruktivní zobrazení struktury prokovu či plošného vodiče (náhrada mikrovýbrusu)
- Kontrola rentgenem může objevit chyby, které nemají žádný vizuální přístup, včetně nespolehlivě pokovených otvorů, které mohou lehko uniknout elektrickým i optickým zkouškám.
- Sledování strukturálních chyb jako zkraty/přerušení, nedostatek/přebytek pájky kontaminovaný spoj aj.
- Sesouhlasení a kontrola vnitřních motivů (možnost automatické kontroly)

Shrnutí RTG testerů: Velice vhodné pro nedestruktivní kontrolu 1V, 2V i VV DPS. Možná náhrada za mikrovýbrus. Velká perspektiva využití pro VV DPS. Odhalení jakosti a kvality rychle a spolehlivě. Nevýhodou je značná cena. Pro přiblížení možností x-ray inspekce je v příloze krátké video (AXI_DAGE_Video of QFN Cracks.wmv), demonstrováno na QFN pouzdře a jeho kontaktování.

DOVYBAVENÍ MIKROSKOPU (ISIS Eyepieces) [10]

Firma PBT Rožnov p.R., s.r.o. nabízí ISIS produkty pro zlepšení rozlišovací schopnosti mikroskopů. Sortiment ISIS s rozšířenou pupilou okulárů představuje revoluční a patentované příslušenství pro široký okruh běžných známých optických přístrojů. ISIS dovoluje pracovat se stávajícím mikroskopem, avšak daleko efektivněji a přesněji. Navíc dramaticky snižuje oční napětí a únavu a dovoluje maximální volnost pohybu hlavy. ISIS představuje ideální nízkonákladové univerzální řešení v optické mikroskopii, umožňující velmi snadné používání.

Parametry :

- zvětšení: 10x - 20x
- Napájení: 12V DC síťový adaptér s LED indikací
- Regulace pro nastavení vzdálenosti očí a dioptrií
- Hmotnost: 1,5 kg



Obrázek 30 ISIS Eyepieces

4.2.7 Nepájivá maska

Současná výroba v „Čmebu“ používá starší clonové nanášení nepájivé masky. Tato operace spočívá ve 4 krocích a to: Nanesení (velká linka, několik pracovníků), Exponování (zbytečný pohyb DPS, další pracovníci), Vyvolání (další velká linka), Vytvrzení (dlouhá cesta k zastaralé a pomalé peci).

Návrh řešení by spočíval v nákupu či modernizaci vytvrzovací pece a dovybavení podavačem, který by byl umístěn mezi kartáčovačkou a linkou na clonové nanášení. A dále doplněno dopravníkem (např. datasheet DopravníkNutek_500mm.pdf). Vhodné by bylo i prozkoumání trhu s nepájivými maskami tak, aby došlo ke zkrácení celé operace.

Více o podavačích v bodě 4.2.2.

Firma zabývající se modernizací zařízení je např. PBT Rožnov p.R. ,s.r.o. (www.pbt.cz)

Firma zabývající se i zakázkovou výrobou vytvrzovacích pecí: LAC, s. r. o. (www.lac.cz)

Firma zabývající se vývojem a výrobou nepájivých masek: Atotech (www.atotech.com)

Dceřiná společnost pro ČR je Atotech CZ, a.s. (www.atotech.cz)

Firma zabývající se vývojem a výrobou nepájivých masek: Electra Polymers Ltd. (www.electrapolymers.com)

Další firmy v oboru nepájivých masek: - Britrade SK - www.britrade.sk

- Dupont - www2.dupont.com

- SunChemical - www.sunchemical.com (coates.com)

Další možné radikálnější řešení spočívá v nákupu nové technologie a nového zařízení jako je například nanášení pomocí zařízení firmy Microcraft s názvem MicroJet. Bohužel s ohledem na rozsah této práce jsem se s problematikou MicroJet systému nanášení nepájivé masky a operací s tím spjatých dále nezabýval.

Webové stránky fa Microcraft – www.microcraft.jp

4.2.8 Povrchové úpravy

Jak již bylo v bodě 2.11 naznačeno povrchová úprava (kov- kov) operací HAL má své značné nevýhody, které se zvětšují s vývojem jiných povrchových úprav. Navíc je zde stále problém s bezolovnatou pájkou, která zvyšuje nároky na DPS, především tepelné, jak při samotném HALu, tak i při pozdějším pájení. Ovšem z pohledu pájitelnosti je stále asi nejlépe hodnocen a samotní zákazníci si tuto operaci mnohdy vyloženě přejí, i když tento trend již také pomalu ustupuje. Nebylo by proto vhodné zatím HAL zcela zrušit, ale spíše zavést i jiné povrchové úpravy, aby byly uspokojeny potřeby zákazníků, kteří pomalu přecházejí nebo požadují jiné technologie povrchové úpravy DPS. Zajímavá je také myšlenka orientace na zákazníky, kteří mají povolení k používání olova (armáda, lékařství, letectví atp.). Čili zpětné zavedení HALu obsahujícího olovo (Pb). To ovšem záleží na poptávce a záměrech či domluvených kontraktech firmy.

Navrhoval bych proto zavedení dalších povrchových úprav přímo ve fa Čmebo místo nynější kooperace s jinými firmami. Tato kooperace má v konečném dopadu především vliv na cenu výrobku a jméno firmy se tím také nezlepší (nedělá to dobrou reklamu).

HAL

Návrh změny rozmístění zařízení a změny tg. toku je diskutován v bodě 4.1. Dovybavení podavači v bodě 4.2.

Při návštěvě ve fa Čemebo jsem si všiml, že operátor u HALu, odkládá jednotlivé DPS na sebe v případě, jeho zaneprázdněnosti a to v podstatě kam ho napadne. Tomu by se mělo zabránit alespoň tak, že pracoviště bude vybaveno zásobníkem nebo tzv. odkladištěm DPS v případě zaneprázdněnosti operátora.

OSP

Nanášení organického povlaku je teď v „Čemebu“ řešeno ruční cestou. Proto bych doporučil nákup alespoň méně nákladného zařízení k zajištění větší produkce a kvality u této operace. Z webových stránek fa Printed CZ jsem se například dozvěděl o této firmě.

PPT spol. s.r.o.

Slovenská firma, která vyvíjí a vyrábí zařízení pro výrobu DPS dle požadavků zákazníka. Nabízí kompletní řešení pro aplikaci povrchových úprav s individuálním návrhem. Z těchto důvodů myslím, že není třeba zde rozsáhle popisovat jejich výrobky a účelnější by bylo kontaktovat tuto společnost a zadat jim řešení problému s nanášením OSP přímo v „Čemebu“. Webové stránky <http://web.stonline.sk/ppt/> a e-mail ppt@ppt-tn.sk.

Další povrchové úpravy – imersní technologie

[11] Technologie povrchových úprav je dalším důležitým krokem při výrobě plošného spoje. V důsledku zavedení EU norem WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) nakládání s elektrotechnickým odpadem a RoHS (Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment) o zákazu používání nebezpečných látek, jako je kadmium a olovo, museli výrobci desek plošných spojů najít a vyvinout nové povrchové úpravy. Vhodnou alternativou zaručující rovinnost nutnou zejména při používání BGA pouzder, dobrou pájitelnost a stabilitu povrchu plošného spoje při povrchové montáži (SMT) jsou kovové povrchy na bázi stříbra, zlata a cínu. Povrchy jsou aplikovány chemickou cestou (tzv. imersní technologie) a jejich hlavním problémem je difuze mědi do velmi tenké vrstvy většiny z nich. V praxi se stal nejpoužívanější alternativou cín. Firma Ormecon vyvinula technologii imersního cínování CSN FF-W, která problém difuze mědi do tenké vrstvy cínu řeší. U této technologie se před vlastním cínováním desky namáčejí do vodní disperze organického kovu (sloučenina z nekovových prvků C, O, H, N a S, která má vlastnosti kovu, jeho výrobcem je uvedená firma) a určitého množství stříbra. Po ponoření zůstane na povrchu tenká vrstva o tloušťce 80 nm, která zásadním způsobem ovlivní následné chemické pocínování. Přitom katalytickým působením organického kovu difunduje do mědi stříbro do hloubky asi 20 nm. Výsledná cínová vrstva je tvořena velkými krystaly, což omezuje difuzi mědi a udržuje tak schopnost pájení cínového povrchu. Navíc je u tohoto typu povrchové úpravy působením mezivrstvy Cu-Ag-Sn potlačen růst „cínových vousů“ (tin whiskers), který může způsobovat dočasné i trvalé elektrické zkraty na DPS.

Více o technologii Ormecon:

- <http://www.zipperling.de/> nebo
- Soubor ORMECON_SN_Classic_and_Nano_and_OrmeSTAR_Ultra.pdf
- směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/95/ES RoHS v souboru rohs_cz.pdf

4.2.9 Vlhkost, teplota, tlak

Pro zvýšení jakosti celé DPS je důležité omezit nebo kontrolovat vliv okolního prostředí u jednotlivých operací. Zejména je důležitá regulace teploty a vlhkosti při laminování rezistu, nanášení nepájivé masky a při sítotisku.

Některá zařízení ve fy Čemebo mají prostředky k zajištění optimální teploty, ale pouze dočasně při průběhu DPS konkrétní operací na konkrétním zařízení. Poté je DPS vystavena měnícím se podmínkám v místnosti. Je tedy v nejlepším zájmu dovybavit pracoviště sítotisku, místnost kde je nanášena nepájivá maska a místnost pro aplikaci rezistu vhodným klimatizačním zařízením.

Dále je vhodné tyto místnosti (pracoviště) dovybavit zařízením pro kontrolu tlaku resp. přetlaku, aby nečistoty, které by případně mohli snížit jakost, byly tzv. „odfouknuty“ ven z místnosti jak při otevření vstupních dveří, tak například netěsnostmi u dveří či výplně oken. Tlak by měl být konstantní i kvůli zvýšení jakosti samotného nanášení povlaků či rezistů.

Je tedy třeba vhodně zvolit firmu, která by zařídila klimatizaci místností, čističky vzduchu (prach apod.) a popř. i diskutovaný přetlak v místnosti.

Optimální hodnoty jsou: Teplota = 21°C , Vlhkost vzduchu = 50 % , Prašnost $\leq 10000\text{p/m}^3$
Následuje výčet možných českých firem zabývajících se kompletním návrhem a montáží klimatizace, čističek vzduchu a odvlhčovačů vzduchu.

BrnoClima s.r.o. - www.brnoclima.cz

A-Z CHLAZENÍ, s.r.o. - www.klimatizace.net

Sensit s.r.o. – Sensit.cz (zabývá se vývojem a výrobou snímačů teplot, vlhkosti atp.)

A samozřejmě další.

Velmi vhodné by bylo kontaktovat firmu, která vzduchotechniku ve fa Čemebo již budovala.

Realizace tohoto doporučení by byla nejspíše na základě výběrového řízení, stejně tak jako u ostatních návrhů na dovybavení zařízením.

4.2.10 Značení hotových DPS – servisní potisk

Sítotiskové metody používané k servisnímu potisku (značení) postupem času degradují. Jejich malé rozlišení, poměrně velká složitost procesu a prostorová objemnost se stávají nežádoucími vlastnostmi při výrobě DPS.

Doporučoval bych proto se sítotiskové metodě buďto úplně vyhnout nebo zaměnit alespoň jeden ze stávajících tří sítotiskových zařízení určených k značení za InkJet nebo MicroJet systém značení nebo za systém laserového značení. Povede to k úsporám nákladů na materiál, k úspoře prostoru, k velkým časovým úsporám a v neposlední řadě k úspoře energie a lidských zdrojů. Je patrné také zjednodušení a zkvalitnění celé výroby DPS. Nevýhodou jsou samozřejmě pořizovací náklady. Následují dvě moderní a vhodné metody značení DPS.

MicroJet, InkJet

Inkoustový automatický tisk. Po natisknutí je inkoust vytvrzen UV zářením. Níže jsou uvedeny firmy zabývající se touto technologií.

Microcraft

Nabízí dva modely, které označuje jako MicroJet, lišící se rychlostí a cenou. Nespornou výhodou je možné propojení s jejich testerem EMMA. Je zde možnost použití jak

epoxidových inkoustů k potisku, tak i inkoustů pro nanášení nepájivé masky nebo leptacího rezistu (dle verze a modifikace). Nanášení nepájivé masky metodou MicroJet by bylo možno využít u „just-in-time“ zakázek pro flexibilní výrobu.

MJ6151D1/D2 – pomalejší model avšak levnější

(datasheet: MicroJet_MICROCRAFT_mj6151d2.pdf)

MJ6151D3/D6 – všestranný a velice rychlý

(datasheet : MicroJet_MICROCRAFT_mj6151d6.pdf)

Orbotech

Ze stránek výrobce: “Použití Orbotech unikátních technologií UCI™. Naše legendární inkoustové tiskárny umožní tisk a vytvrzování na stejném systému, šetří cenný čas a výrobní náklady a zajistí zvýšení výnosů.” Orbotech nabízí dva modely a to **Sprint – 8** a **MAXI** a jejich modifikace.

www.orbotech.com

	Tiskový prostor [mm]	Rychlost tisku* [s]	Tloušťka desky [mm]	Automatická registrace	Rozlišení* [dpi]
MJ6151D1/D2	510 x 610	49 - 124	0.1-10	ano	300/600
MJ6151D3/D6	510 x 610	20 - 46	0.1-10	ano	300/600
Sprint - 8	610 x 680	59	10	ano	-
MAXI	610 x 680	70	10	ano	0,5 mm čára

*závisí na verzi modelu

Tabulka 9 Porovnání MicroJet a InkJet zařízení

Laserové značení

[9] Laser jako nástroj

Nasazení laserů a laserových technologií přináší novou dimenzi do průmyslové výroby, což koresponduje se stále rostoucími požadavky na zvyšování její kvality a efektivity. Moderní laserové systémy a technologie předčí klasické nástroje kombinací rychlosti, přesnosti, výkonnosti a flexibility. Jednoduchost obsluhy a nenáročnost údržby umožňují okamžité a spolehlivé začlenění do výrobního procesu.

Lasery nacházejí uplatnění v prvotních i finálních stadiích výroby, kdy se běžně používají ke značení, gravírování, řezání, vrtání a sváření. Dnes se laser již nepovažuje jen za špičkovou technologii, ale i za nástroj, který pomáhá dělat práci rychleji a kvalitněji.

Laserové značení

[9] Vždy, když nastane otázka označení produkce, je použití laseru elegantním a účinným řešením. Laser vytváří na povrchu materiálu s vysokou přesností stálý, mechanicky odolný, velmi kontrastní a jinak nenapodobitelný popis. Vše probíhá v jediné krátké operaci bez použití chemických přísad a inkoustu nebo mechanických zásahů do struktury materiálu. Vhodným typem laseru (Nd:YAG nebo CO2) lze označit prakticky jakýkoliv kovový i nekovový materiál, přičemž povrch značeného výrobku může mít proměnný tvar a různou povrchovou úpravu. Změnou parametrů laseru lze spojitě přecházet od povrchového popisu v několika mikronové vrstvě materiálu až po laserové gravírování do větší hloubky.

Z českých firem zabývajících se laserovými aplikacemi (především značením) jsem vybral dvě následující:

MediCom a.s., Praha, web - <http://medicom.cz>

LAO – průmyslové systémy, s.r.o., web - www.lao.cz

Ze zahraničních pak:

NUTEK www.nutek.com

LASATEC www.pcbdriller.com/pcb_marking.htm (propag.mater. Laser_lasetecII.pdf)

Control Micro Systems (CMS) www.cmslaser.com

JETEC Corp. www.jetec.com

Pro přiblížení jak asi pracují laserové systémy značení, je přiloženo video fa CMS: PCBmarker_cmslaser.com.mpg

a základní technické informace CO2 laseru fa Nutek typ LMC 2100HE

(video a tech. informace jsou od různých výrobců)

CCD kamera pro optimální zaměření

Velká pracovní plocha

Řízeno průmyslovým PC

Možnost značení typu:

Text, Čárový kód, 2D kód, grafický obraz

Datasheet: [NUTEK_laser_marker_co2.pdf](#)



Obrázek 31 CO2 laseru Nutek typ LMC 2100HE pro značení DPS

Další příklady možného využití laseru:

Laserem se dnes již běžně dělí materiál. Byla by zde možnost nahradit stávající optické (mechanické) nůžky. Z laserového dělení plyne i odpadnutí další operace a to úprava hran přířezu.

Shrnutí navrhovaných opatření k zabezpečení optimalizace procesu výroby DPS

Číslo operace	Název operace	Význam	Popis	Doporučené zařízení (fa)
1	Stříhání	Vhodné	Nahradit modernějším (laser)	Lao CZ
2	Paketování			
3	Vrtání	Nutné	Dovybavit a nahradit moderními zař.	Schmoll-Maschinen
4	Kartáčování	Vhodné	Dovybavit kartáčovanou, sjednotit se shadow	Rescotron Brushrobot E-B-B2-W-F
5	Shadow	Vhodné	Sjednotit s kartáčovánín Doplnit podavačem	Mass / PPT

6	Laminace rezistu	Optimální	Kontrola a řízení teploty, vlhkosti, tlaku a prašnosti	BrnoClima
7	Expozice rezistu			
8	Vyvolání			
9	Galvanická Cu+Sn	Závislé na tg.toku	Změna uspořádání pracoviště	
10	Odstranění s. rezistu	Úspora času, námahy	Zprovoznění a dovybavení zásobníkem/podavačem	Mass / PPT
11	Leptání			
12	Odstranění kov. rezistu			
13, 21	Optický test(M)	Efektivní	Dovybavit stávající mikroskopy ISIS doplňkem	ISIS
14 , 22	Elektrický Test	Nutné	Nahradit stávající jehlové pole novým elektrickým testerem	Microcraft
15	Kartáčování	Vhodné	1. Zprovoznit zásobník/podavač	
16	Nanést NM	Vhodné	1. Zprovoznit zásobník/podavač 2. Dovybavit dopravníkem	Mass / PPT
17	Exponovat NM	Optimální	Kontrola a řízení teploty, vlhkosti, tlaku	BrnoClima
18	Vyvolat NM			
19	Vytvrdit	Optimální	Modernizovat pec/nahradit pec	Pbt/LAC
20	HAL	Vhodné	1. Dovybavit odkladačem 2. Zřídit další PÚ	PPT
24	Sítotisk/servisní potisk	Úsporné	1. Kontrola a řízení teploty, vlhkosti, tlaku 2. Nahradit alespoň část modernější metodou	1.BrnoKlima 2. Microcraft
25	Rozfrézovat	Zanedbatelné	Nahradit modernější metodou	Orbotech/Lao CZ
	Podavače			PPT / Mass
	Transport			Mass / NUTEK
	VV lisování			HML typ LP 2000-VK

Tabulka 10 Shrnutí navrhovaných opatření

4.3 Traceabilita

Značení či dohledatelnost (traceabilita) jak hotových výrobků, tak i polotovarů „pobíhajících“ po firmě je v moderní výrobě důležitý prvek. Pokud je vhodně provedeno, zákazník si může např. pomocí www sám zjistit ve kterém stádiu se výrobek či zatím jen služba (zde návrh či samotná výroba DPS) nachází. A dále samotní pracovníci či vedení firmy má nezanedbatelně potřebný přehled o výrobě.

Bohužel z dostupných informací jsem nezjistil, že by v některé jiné firmě měli již vymyšlený postup pro toto značení a následné čtení informací. Většinou se výroba spoléhá na průvodní technologický postup, který je v papírové formě přiložen k dávce DPS, stejně jako ve fa Čemebo. Nepodařilo se mi zjistit ani to, jestli vůbec nějaký osvědčený způsob značení při výrobě DPS existuje, kromě značení pomocí vrtaných otvorů. To je sice hojně využíváno výrobci, avšak není dostačující.

Patent na systém značení při výrobě DPS, který však není zcela technologicky dořešen :
US7365272.pdf
US6817527.pdf

Z výše uvedených důvodů jsou zde popsány metody pouze teoretické, stručné a orientační sloužící k ozřejnění problematiky. Není popsáno softwarové ani hardwarové řešení pouze princip.

Přínos a postup traceability:

Při prvotních operacích výroby DPS jako je dělení materiálu na pracovní rozměr, by bylo do procesu zařazeno značení (princip bude popsán později), které by desku označilo dle požadovaných parametrů informační značkou. Vhodné umístění by bylo do tg. okraje desky. Potřebná data pro výrobu a nastavení zařízení by byly rozesílány pomocí ethernetové sítě do jednotlivých zařízení přímo od designéra konkrétní desky. Poté, by jednotlivé zařízení, u kterých je to vodné jako vrtačky, testery, atp. byly dovybaveny čtečkou těchto značek. Tyto zařízení by si načítli nebo stáhli požadovaná data z firemního serveru a tak by odpadla potřeba zadávat něco ručně či poloautomaticky. Zároveň by byla vyslána informace o tom jaký popř. kolikátý kus (deska) prošla konkrétním zařízením do centrálního systému, který by tyto informace střádal a vizualizoval. Představa krásná, realizace složitá a nákladná.

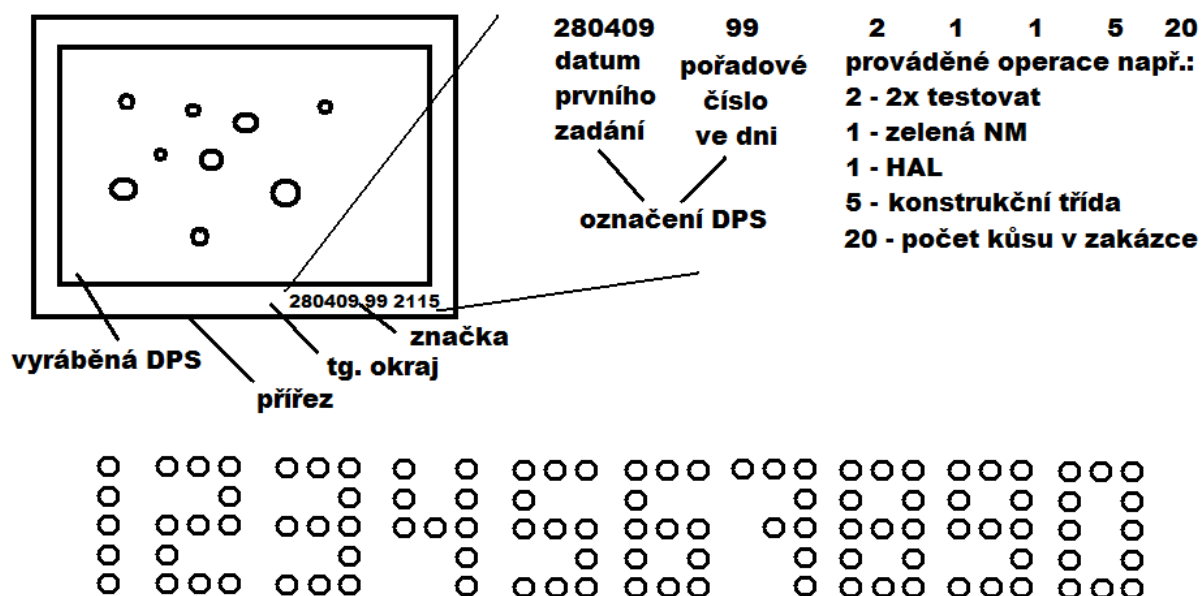
4.3.1 Traceabilita založená na vrtaných otvorech

První řešení

Je založeno na podobném principu jako značení DPS v současné době ve fa Čemebo. Při operaci vrtání (3) je krom otvorů pro součástky do desky vyvrtáváno také číselné označení. Nápad na vylepšení je prostý. Toto číselné označení, by mohlo být zkombinováno s písmeny či znaky, tak aby při přečtení operátorem, bylo jasné, které operace se na DPS mají provést. Čili by mělo mít nějaký význam. Vložení písmen či znaků však není bezpodmínečné. Příklad pro ozřejnění takového označení, využívajícího pouze čísel je na obrázku 31. Zde se kód skládá z data prvního zadání do výroby, čísla rozlišujícího různé výroby v jeden den (pořadové číslo ve dni) a z kombinace čísel určujících povrchovou úpravu, barvu nepájivé masky atd.

Druhé řešení

Je již trochu komplikovanější. Kromě možného zakomponování prvního řešení (viz výše), by byla výroba a jednotlivé zařízení dovybaveny čtečkami (scannerem) tak, aby byl splněn přínos (viz výše). Zde ovšem nastávají komplikace a to se čtením kódu při některých operacích jako nanášení rezistu či nepájivé masky. Je tedy otázka jestli by čtečka „prosvítila“ rezist a tak následně přečetla značku. Záleželo by tedy na kontrastu. Druhá trochu odlišná komplikace by nastala při galvanickém pokovení. Zde by čtečka musela být ošetřena tak, aby snímala vzájemnou polohu jednotlivých otvorů a na průměru otvoru by tak již nezáleželo.

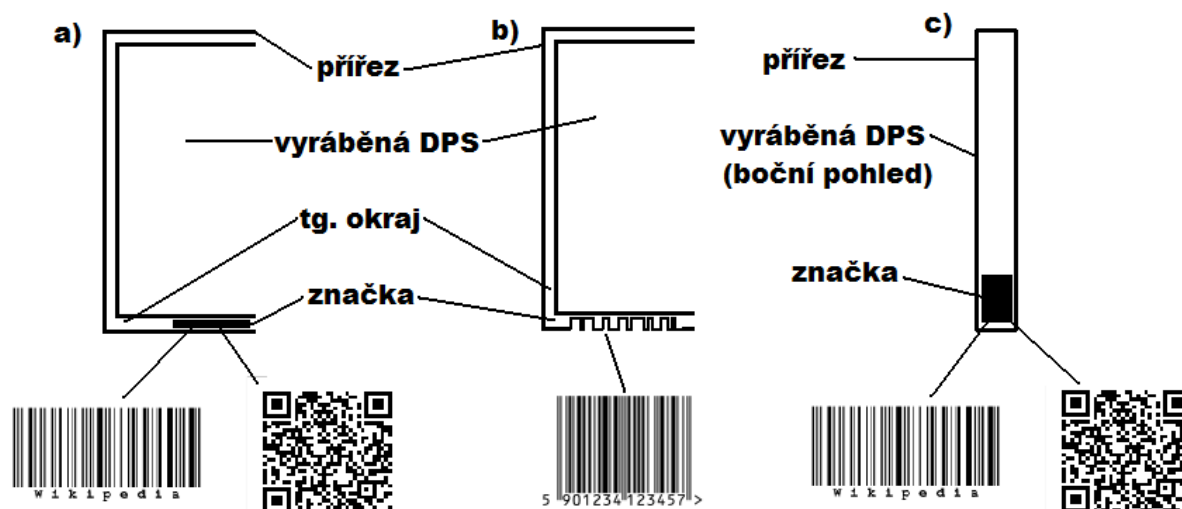


Obrázek 32 Značení desek pomocí vrtaných otvorů (význam kódu, příklad realizace číslic)

Pokud by bylo použito pro zobrazení čísla osm (nejnáročnější číslice-nejvíce otvorů) 13 otvorů a od této by se odvíjely ostatní čísla, rovnal by se aritmetický průměr otvorů připadajících na jednu číslici přibližně deseti. Čili 10otvorů/číslíce. Průměrný čas na vytvoření jedné číslice by tak byl řádově v jednotkách sekund. Pokud bychom počítali 1s na otvor a 14 číslic na jedno označení, vychází doba potřebná k vytvoření asi na 140s.

4.3.2 Zřízení traceability pomocí laseru

Jako další z možných by bylo dovybavení výrobní haly resp. pracoviště tzv. laserovým značením. Laser selektivně odpařuje materiál, což se zde nazývá gravírování (či rytectví). Jeho výhodou je rychlost, flexibilita změny označení, možnost změny motivu/popř. sériového čísla u každého výrobku, možnost značení grafických motivů a alfanumerických znaků, popř. jejich kombinací. V obrázku 32 jsou uvedeny příklady umístění a obecné druhy použitelných kódů.



Obrázek 33 Možné umístění značky na přířezu, [7] příklady použitého kódu

Z jednotlivých návrhů umístění plynou výhody a nevýhody:

a), b) Problém se čtením u některých operací (např.: nanášená nepájivé masky)

Poměrně jednoduché zhotovení

c) Problémovější zhotovení značky a obtížnější čitelnost díky rozměrům

Částečně odstraněn problém znehodnocení značky nepájivou maskou, řeší i VV DPS

Rychlost laserových zařízení je značně vysoká. Přibližná doba zhotovení značky na obrázku 4.12 a), c) je několik vteřin. Značka na obrázku 32b by mohla být realizovaná i jemnou soustružnickou metodou. Rychlost a přesnost by byla řádově nižší.

Při využití MicroJet nebo InkJet technologie pro nanášení nepájivé masky by nedostatek u umístění a) a b) byl pravděpodobně jednodušeji řešitelný. Více o INKJET v bodu 4.2.10.

Příklad firmy zabývající se značením a gravírováním pomocí laseru je LAO průmyslové systémy s.r.o. Nabízí zejména nejmodernější technologii poslední doby - tzv. vláknové lasery, dále pak CO₂ lasery a lasery Nd:YAG 532nm, 355nm, kterých využívá pro jednoúčelové systémy stavěné na zakázku dle požadavků zákazníka. Například při začlenění operace laserového značení do větších technologických celků. Po domluvě s touto firmou by jistě byla možná spolupráce.

Další firma tentokrát více zaměřená na značení a traceabilitu pro DPS je Nutek Europe.

Firmy zabývající čtečkami a scannery – Brady - www.en.bradyeurope.com

- www.agen.cz

- www.identcode.cz

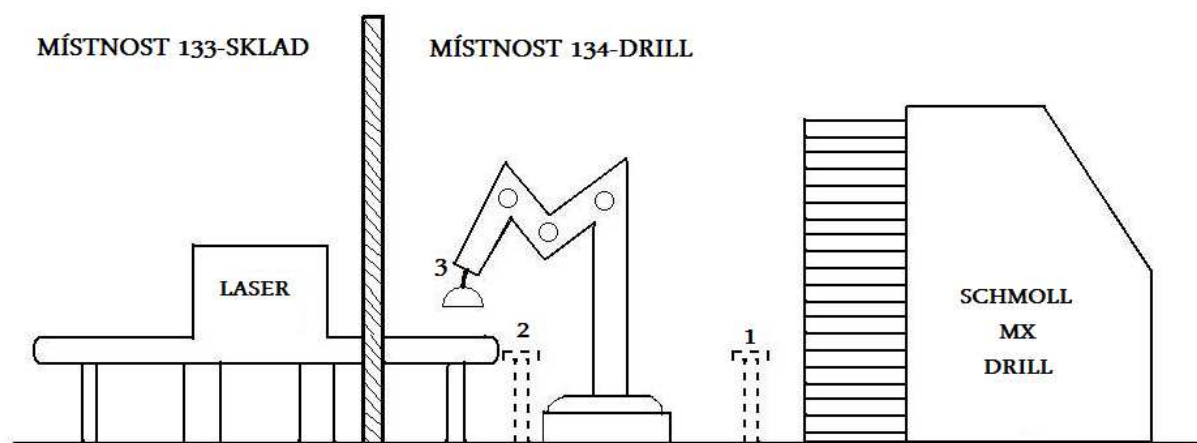
Další firmy jsou zmíněny v bodě 4.2.10

Další příklady možného využití laseru:

Laserem se dnes již běžně dělí materiál. Byla by zde možnost nahradit stávající optické (mechanické) nůžky. Z laserového dělení plyne i odpadnutí další operace a to úprava hran přířezu.

4.3.3 Příklad využití traceability

Na obrázku 33 je znázorněna možná realizace části linky pro výrobu dvouvrstvé (i 1V) DPS metodou pattern-plating. Jedná se pouze o příklad, jelikož způsobů provedení je více. Proces by mohl probíhat následovně: Fyzická osoba (pracovník ve skladu materiálu) vybere příslušný typ základního materiálu (desku od dodavatele popř. již dělenou) a ve spolupráci s PC zadá příslušná data pro laserové zařízení. Tato prvotní část má mnoho způsobů řešení, kdy na pracovníka mohou být kladeny vyšší nároky, než při dosavadní výrobě a nebo naopak, daleko nižší. To záleží na konkrétním řešení, které je nad rámec práce. Po vybrání materiálu (a zadání dat) jej vloží na pás, který desku dopraví do pracovního prostoru laserového zařízení. Zde záleží na tom, jak dalece je zařízení sofistikováno. Může zde dojít k prvotnímu dělení základního materiálu a poté ke gravírování (označení) nebo jen ke gravírování. Deska je dále posunuta k manipulátoru, který ji uchopí, přiloží ke čtecímu zařízení (možné umístění je v obr. vyznačeno čísly) a dále posune do zásobníku desek ve vrtacím zařízení. Při načtení kódu je tato informace vložena do systému a také do samotného vrtacího zařízení, které tak zjistí, na které pozici se deska v zásobníku nachází a co s ní má udělat. Jak již bylo několikrát zmíněno realizace těchto operací je variabilní.



Obrázek 34 Možná realizace části linky pro výrobu DPS (čísla značí možnosti umístění čtecího zařízení)

4.4 Perspektivní a dodatečné náměty a návrhy pro optimalizaci procesu

4.4.1 Řízení jakosti

Kromě přístupů zabezpečování jakosti vycházejících z požadavků normy ISO 9000, pro které má fa Čemebo certifikaci, se ve světě užívají i jiné přístupy. Jsou to:

TQM (Total Quality Management) [15]

I když existuje řada názorových proudů a „škol TQM“, společné rysy lze odvodit již z názvu:

- total – jde o úplné zapojení všech pracovníků organizace, jak ve smyslu zahrnutí všech činností od marketingu až po servis, tak zapojení všech pracovníků včetně administrativy, ostrahy apod.,
- quality – jde o pojetí jakosti, jak ve směru splnění očekávání zákazníků, tak jako vícerozměrný pojem zahrnující nejen výrobek či službu, ale i proces, činnost,
- management – řízení je zahrnuto jak z pohledu strategického, taktického i operativního řízení, tak z pohledu manažerských aktivit – plánování, motivace, vedení, kontroly atd.

Většina autorů je vzácně ve shodě, pokud jde o praktické aplikace TQM, a to v následujících bodech:

- Důsledná realizace přístupů zabezpečování jakosti podle ISO 9000 je vhodným východiskem pro následné formování TQM.
- Nelze stanovit univerzální model TQM. Východiskem je respektování obecně prezentovaných požadavků (zásad), jejichž praktická aplikace se v různých zemích a v jednotlivých firmách bude měnit v závislosti na technických, sociálních, kulturních podmínkách, které je při formování TQM třeba též respektovat.

Více o TQM např. v literatuře [15].

EMS a ISO 14000 [16]

Zavedení EMS (Environmental Management System) je stejně jako v případě systému managementu jakosti (QMS) nebo TQM pro podnik zcela dobrovolnou záležitostí. Pro zavedení EMS existují v zásadě dva předpisy - technické normy řady ISO 14000, reprezentované především kmenovou normou ČSN EN ISO 14001 Systémy environmentálního managementu - Specifikace s návodem pro její využití a Nařízení Rady EHS č. 1836/93 EMAS.

Státní politika životního prostředí, kterou vláda přijala v roce 1995, vyzdvihuje nutnost podpory zavádění EMS.

Základním cílem, který obvykle vedení podniku při zavádění EMS sleduje, je: zavedení pořádku, dosažení úplného souladu s právními požadavky, zlepšení vztahů s veřejností a veřejnou správou, získání obchodně využitelné vizitky (certifikátu ISO 14001, registrace v programu EMAS).

Mezi hlavní přínosy fungujícího EMS patří:

- redukce provozních nákladů, úspory energií, surovin a dalších zdrojů,
- snížení rizika environmentálních havárií, za něž podnik nese odpovědnost,
- zvýšení podnikatelské důvěryhodnosti pro investory, peněžní ústavy, pojišťovny, veřejnou správu,
- rozšíření možností v exportní oblasti a v oblasti státních zakázek a podpor podnikání, posílení vztahů s veřejností.

Vychází se z norem ISO 14001 Specifikace s návodem pro její využití, ISO 14004 Všeobecná směrnice k zásadám, systémům a podpůrným technikám a z ISO 14010 Směrnice pro provádění environmentálních auditů - Všeobecné zásady.

Příkladem společnosti zabývající se školením a poradenstvím v oblasti QMS, EMS a dalšími otázkami kvality a jakosti je DTO CZ, s.r.o. - www.dtocz.cz

5S (S5)

5S je označení pro 5 základních pravidel, kterými by se měla řídit organizace usilující o zavedení štihlé, přehledné a čisté výroby. Původ hesel je v Japonsku.

1. Seiri – Vytrídít – Projít pracoviště a vytrídít nepotřebné položky
2. Seiton – Uspořádat / Označit – Položky, které zůstávají přehledně a logicky uspořádat, popřípadě označit (např. montážní klíče dle velikostí atp.)
3. Seiso – Uklidit
4. Seiketsu – Standardize – Standardizovat
5. Shituke – Systematize – Systematizovat

Různé společnosti si původní japonské výrazy překládají dle svých potřeb, proto je možné se setkat i s jinými ekvivalenty (např. úprava na Clear out, configure, clean & check, conform, custom & practice).

Doporučení z této metodiky se sami nabízejí. Jsou to:

- Vytrídít nepotřebné nebo nepoužívané zařízení, které se ve fa Čemebo nachází.
- U pracovišť stanovit přesné rozmístění hlavních zařízení, pomocných zařízení, odkládacích ploch jak pro nástroje, náradí, používaný materiál, tak i pro výrobky. DPS přicházející na operaci by měly být jasně odděleny od DPS, které operací prošly. Toto rozmístění standardizovat.
- Úklid po každé směně i v průběhu směny. Platí hlavně pro pracoviště nanášení rezistu, nanášení NM, testování a kontrola, potisk. Zahraniční výroby si dokonce najímá úklidové firmy, které nepřetržitě pracují (v průběhu výroby).
- Dodržovat oblékání pracovních plášťů včetně pokrývky hlavy. Neméně důležité je soustředit se na obuv (přezouvání).
- Zavést u každé operace používání rukavic – velmi důležité
- Je také vhodné dovybavit pracoviště čistícími zónami v podobě rohoží (lepí – nečistoty se tak zachytávají).
- Dovybavit všechny operace, kde je manuálně pohybováno s deskami mezioperačními zásobníky (aby nemusely být odkládány na zařízení a popř. stohovány na sebe bez jakéhokoliv proložení).

4.4.2 Péče o zaměstnance

Zaměstnanecké výhody

[13] Zaměstnanecké výhody jsou v současné době jedním s neodmyslitelných nástrojů moderního managementu lidského kapitálu. Zaměstnanecké výhody mají pozitivní vliv na spokojenost zaměstnanců, snižují fluktuaci, pomáhají podporovat loajalitu, motivovat k vyšším a kvalitnějším výkonům.

Pouze spokojený zaměstnanec je schopen vykonávat svou práci v co nejlepší kvalitě.

Níže je uveden jeden příklad poměrně nové zaměstnanecké výhody, které většinou využívají zahraniční a nadnárodní společnosti.

Sick Day (z angl. Sick – nemoc, day – den)

[12] Placený osobní den určený k použití v důsledku nemoci buď pro rekuperace, nebo lékařské ošetření. Obvykle 1-5 dnů do roka. Hypotetický příklad: Operátorka (starostlivá matka) musí na třídní schůzku svého zlobivého syna (manžel nemůže). Schůzka začíná v 16:00 a ona končí v 16:00 v práci. Od rána myslí jen na to jak se na ni budou na schůzce dívat, když přijde později. Nervózní, přepjatá, nesoustředěná velice lehce něco pokazí. Při zavedení tzv. Sick day by prostě skončila o hodinu dříve a tak by si nemusela dělat starosti, které by ji rozptylovali při práci. Podobné s výskytem lidských chyb je to i u nevolnosti atp.

K zamyšlení je ovšem to, do jaké míry je Sick day zneužitelný a jestli náhodou dotyčná osoba nebude v zaměstnání chybět, jestli je třeba ji nahrazovat.

V literatuře [13] (je součástí přílohy) je uvedena analýza zaměstnaneckých výhod, které jsou v pracovněprávních vztazích poskytovány. Byl zde proveden dotazníkový průzkum, který ukazoval, jak zaměstnanci výhody vnímají, zda je využívají a jsou s nimi spokojeni nebo jestli preferují jiné zvýhodnění.

Kultura pracovního prostředí

Kultura prostředí úzce souvisí s předešlými zaměstnaneckými výhodami. Souvisí také s větou: Pouze spokojený zaměstnanec je schopen vykonávat svou práci v co nejlepší kvalitě. A zaměstnanec, který se v prostředí zaměstnání necítí dobře, nemůže být spokojený.

Možný postup při řešení otázek pracovního prostředí je v literatuře [14] (součást přílohy). Práce obsahuje zpracovanou teorii o jednotlivých složkách pracovního prostředí, jako jsou ergonomie, psychologie a organizace práce, rizika, bezpečnost, pracovní doba a pracovní vztahy. Za pomoci těchto teoretických poznatků byla pak provedena jejich analýza v konkrétní firmě.

Doporučení ke zvýšení péče o zaměstnance

Bylo by vhodné provést dotazníkový průzkum přímo ve fa Čemebo, z kterého by vyplynulo, co by samotní zaměstnanci ocenily a co naopak by považovali za zbytečné. Dotazník by obsahoval jak otázky ohledně zaměstnaneckých výhod, tak i ohledně pracovního prostředí. Otázky bych formuloval obdobně jako v literatuře [13] a [14].

Subjektivně bych doporučil zaměřit se na plochu pro odpočinek, která by obsahovala klasické věci jako automat na kávu, pohodlné posezení dovybavené květinami atp.

4 Závěr

Tato bakalářská práce se zabývá optimalizací procesu výroby 1V a 2V DPS metodou pattern plating ve firmě Čemebo Blansko s.r.o. Smyslem bylo předložit možná řešení vedoucí ke zvýšení jakosti, zvýšení produkce a ke snížení nákladů na výrobu.

Práce obsahuje teoretický popis kroků a operací nutných k vytvoření DPS. Dále obsahuje analýzu 2V DPS vyrobené ve firmě Čemebo. Analýza je provedena pomocí mikrovýbrusu a s použitím mikroskopu. Názorně ukazuje chyby vzniklé při výrobě DPS.

Optimalizace či racionalizace je naznačena formou doporučení a návrhů popisujících dovybavení nebo nahrazení modernějšími zařízeními, které mají vyšší propustnost, větší přesnost a jsou schopny vyrábět vyšší konstrukční třídy než doposud používaná zařízení. Výběr vhodného zařízení není možné zcela přesně určit. Je třeba, aby jednotlivé firmy prezentovaly svoje zařízení a podmínky nákupu a servisu. Z těchto informací by výběr vhodného zařízení byl již jednodušší. Pro racionalizaci technologického toku jsem navrhl tři možné varianty upořádání výrobních zařízení, které zahrnují doposud používaná zařízení i zařízení navrhnutá k dovybavení v této práci. Změna technologického toku by mohla v budoucnu nezanedbatelně ovlivnit složitost řízení procesu resp. zjednodušit řízení procesu. Ve spolupráci s vhodně řešenou traceabilitou, jejíž možné řešení je součástí práce, by mohla změna toku klíčově ovlivnit jakost a cenu výrobků. Navrhované podněty k zamyšlení o firemní kultuře jako přístup k zaměstnancům i k zákazníkům a vůbec k celé výrobě, jsou spíše orientační. Získání dalších certifikátů jako ISO 14 000 zabývajících se environmentálním hospodářstvím, by mělo být dalším krokem firmy, stejně jako modernizace přístupů k jakosti typu QMS a/nebo TQM, aby byl zaručen růst a vývoj firmy.

Firma Čemebo Blansko s.r.o. má velký potenciál ve formě nových prostor, částečně moderních zařízení a v neposlední řadě v mladých perspektivních lidech. Nejsem si však jist, jestli tento potenciál plně využívá.

Problematika optimalizace je rozsáhlá, složitá a časově náročná a nelze s absolutní jistotou určit, jak velké dopady budou mít navrhovaná opatření.

5. Použitá literatura

- [1] Starý J., Kahle P.: Plošné spoje a povrchová montáž, VUT v Brně, FEKT, 2003
- [2] Semach: výroba plošných spojů, 2008, [cit. 2009-05-15].
Dostupný z WWW: www.smt-planzety.com
- [3] Printed s.r.o., 2008, [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW: www.printed.cz
- [4] Jurák K., Novotná M., Šťastná H.: Postupy zabezpečení jakosti neosazených a osazených desek s plošnými spoji v ČSSR a v zahraničí, VÚMS Praha, 1988
- [5] PragoBoard s.r.o., 2008, [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW: www.pragoboard.cz,
http://www.pragoboard.cz/technologie_eltester.htm
- [6] Šimek J., Špínka J.: Technologické projektování, VUT v Brně, FEKT, 1992, 102 s.
- [7] Wikipedie: Otevřená encyklopedie, 22. 4. 2009, [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW:
http://cs.wikipedia.org/wiki/Čárový_kód
- [8] PPT spol. s.r.o., 2008, [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW: <http://web.stonline.sk/ppt/>
- [9] MediCom a.s. [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW: <http://medicom.cz/>
- [10] Schnederle, P. *Optimalizace procesu výroby DPS: Semestrální projekt*, Brno: Vysoké učení technické v Brně, FEKT, 2009. 24 s. Vedoucí semestrální práce Ing. Jiří Starý, Ph.D.
- [11] DICOM, spol. s r.o., 2008, č.31 květen 2006, [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW:
<http://www.dicom.cz/public/files/3/inform/inform31.pdf>
- [12] Wikipedie: Otevřená encyklopedie, 16.10. 2007, [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW:
http://en.wiktionary.org/wiki/sick_day
- [13] Papoušková, Jitka. Zaměstnanecké výhody z hlediska účetnictví a z hlediska daňového systému. Č. Bud., 2008. bakalářská práce (Bc.). Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích. Ekonomická fakulta
- [14] Ondřej Palík. Analýza pracovního prostředí ve firmě XY. Zlín, 2008. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta managementu a ekonomiky.
- [15] Veber J. a kolektiv, Řízení jakosti a ochrana spotřebitele: 2. aktualizované vydání, Praha, Grada publishing, 2006, [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW:
<http://www.businessinfo.cz/cz/clanek/kvalita-jakost/zabezpecovani-jakosti-ve-smyslu-tqm/1000513/43055/>

6. Seznam zkratek

1V – jednovrstvá

2V – dvouvrstvá

DPS – deska plošného spoje

FR – flame retardant

HAL – hot air leveling

H.A.S.L – hot air solder leveling

NM – nepáživá maska

OSP – organic surface protective

RTG – rentgen

TG - technologický

TQM – total quality management

VV - vícevrstvá

WWW – world wide web